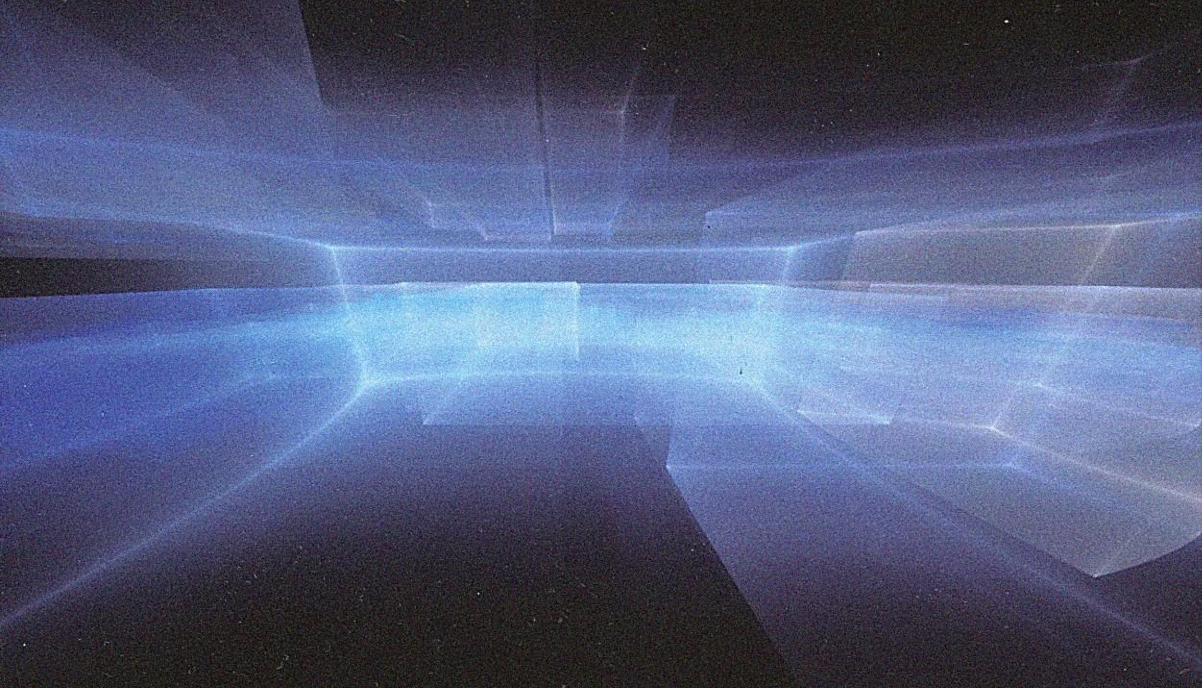
الخمسون سنة المقبلة

مستقبل العلوم خلال النصف الأول من القرن الحادي والعشرين

مقالات لم يسبق نشرها بقلم ٢٥ من خيرة العلماء في العالم

جون بروكمان



ترجمة: فاطمة غنيم

نبذة عن محرر الكتاب:

جون بروكمان: له من الكتب عشرون كتابا ما بين تأليف وإعداد للنشر، وهو مؤسس وكالة «بروكمان إنك» (Brockman, Inc.) للأعمال الأدبية والبرامج، ومؤسس «نادي الواقع» (The Reality Club)، ورئيس «مؤسسة إيدج» (Edge Foundation)، ومحرر وناشر منتدى «إيدج» على الإنترنت (www.edge.org) لكبار العلماء والمفكرين.

كلمة
KALIMA
www.kalima.ae

الخمسون سنة المقبلة

© هيئة أبوظبي للثقافة والتراث، المجمع الثقافي
فهرسة دار الكتب الوطنية أثناء النشر

الخمسون سنة المقبلة، مستقبل العلوم خلال النصف الأول من القرن الحادي والعشرين
جون بروكمان

الطبعة الأولى 1430 هـ 2009 م

Q125.N48512 2009
Brockman, John
[The Next Fifty Years]

الخمسون سنة المقبلة، مستقبل العلوم خلال النصف الأول من القرن الحادي والعشرين/ تأليف جون بروكمان؛ ترجمة فاطمة غنيم. - ط.1. - أبوظبي: هيئة أبوظبي للثقافة والتراث، كلمة، 2009.
232 ص؛ 24x17 سم.
تدمك: 978-9948-01-417-1

1 - العلوم - التوقعات المستقبلية. أ- Brockman, John, 1941
ب - غنيم، فاطمة. ج - العنوان.

يتضمن هذا الكتاب ترجمة الأصل الإنجليزي:
John Brockman, The Next Fifty Years: Science In The First Half Of The Twenty-First Century

info@kalima.ae
www.kalima.ae
KALIMA

ص.ب: 2380 أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة هاتف: 468 6314 2 971+ ، فاكس: 462 6314 2 971+

www.cultural.org.ae
أبوظبي للثقافة و التراث
ABU DHABI CULTURE & HERITAGE

ص.ب: 2380 أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة هاتف: 300 6215 2 971+ ، فاكس: 059 6336 2 971+

الخمسون سنة المقبلة

مستقبل العلوم خلال النصف الأول من القرن الحادي والعشرين

جون بروكمان

ترجمة: فاطمة غنيم

أبوظبي للثقافة والتراث
ABU DHABI CULTURE & HERITAGE

كلمة
KALIMA

شكر

اقترح مارتي آشر، ناشر فينتيدج بوكس (Vintage Books)، أن جمع طائفة من مقالات لم يسبق نشرها بقلم علماء حول الخمسين سنة المقبلة في كتابٍ سيكون عملا قيّما، وأنا أشكره على هذا الاقتراح وعلى ما أبداه من تشجيع. كما أتقدم بالشكر إلى سارا ليبينكوت على اهتمامها ودقتها في التحرير.

المحتويات

مقدمة

بقلم: جون بروكمان

نشر لي مقال سنة 1991 بعنوان «الثقافة الثالثة» (The Third Culture) طرحت فيه فكرة خروج ثقافة جديدة – وهي ثقافة عامة – إلى الوجود، تتكون من "العلماء وغيرهم من المفكرين في العالم التجريبي، ممن يحلون محل المثقفين التقليديين من خلال عملهم وكتاباتهم التفسيرية فيما يتعلق بتوضيح معاني حياتنا الأكثر عمقاً، معيدين تعريف من نكون وماذا نكون".

العلم هو النبأ الأشد بروزا، والعلماء هم من يطرحون أهم الأسئلة. فمن خلال كتبهم ومقالاتهم صار المثقفون الجماهيريون الجدد .. زعماء نوع جديد من الثقافة الجماهيرية. ويصور كتاب "الخمسون سنة المقبلة" (The Next Fifty Years) العديد من جوانب هذه الثقافة الجديدة.

المقالات الواردة بين دفتي هذا الكتاب ليست مناقشات هامشية للثقافة الفكرية عتيقة الطراز. فالعمل الذي قامت به هذه الجماعة من العلماء يركز على التطورات التي تؤثر في حياة جميع الناس على ظهر هذا الكوكب. تأمّل التغطية الصحفية الدولية التي نالتها مؤخراً قضايا مثل أبحاث الخلايا الجذعية، والاستنساخ، وسَلْسَلة الجينوم البشري، والذكاء الاصطناعي، وعلم الأحياء الفلكية، والحوسبة الكمية. وتغطي هذه الموضوعات وكذلك هذا العمل مختلف فروع العلم حتما. إن أحد أسباب الزيادة الملحوظة خلال السنوات العشر الأخيرة لقراء الكتب التي يؤلفها علماء – ومن بينهم الذين ساهموا في هذا الكتاب – هو اضطرارهم إلى الكتابة بلغة يستطيع زملاؤهم ممن ينتمون إلى العلوم الأخرى فهما، وبالتالي فإن القارئ صاحب الخلفية التعليمية العامة يستفيد؛ لأنه يستطيع الآن اللحاق بالركب، وينظر بعيون أفراد هذه الجماعة، وهم يتناولون أسئلة الساعة.

في هذه الثقافة، وفي هذا الكتاب، العلماء لا يكتبون تبسيطات هدفها الأوحد تسلية الجمهور، بل يكتبون لأقرانهم في فروع العلم الأخرى، ويشركونهم في المناظرات التي نشهدها في يومنا هذا. وليس الهدف تبسيط العلم بل محاولة تقريب آخر الأبحاث العلمية، بحيث يستطيع فهمها المنتمون إلى المجتمع العلمي ذاته وجمهور عريض على السواء.

ولكني لا أزعم أن كُتّاب هذه المقالات يقدمون بالضرورة أجوبة على الأسئلة التي تبرز في حياتنا اليومية "أفضل" من تلك التي يقدمها أي شخص عادي، بل يكمن الفارق الحاسم في نوعية الأسئلة التي يتناولونها.

أما موضوع الكتاب ومنطلق المقالات الخمس والعشرين الأصلية الواردة بين دفتيه فهو "الخمسون سنة المقبلة" في مختلف المجالات التي ينتمي إليها واضعوها. كيف ستغير الإنجازات العلمية على مدى نصف القرن المقبل عالمنا؟ وكيف ستغير الأسئلةَ التي نطرحها عمّن نكون وما نكون؟ ما التطورات التي يمكننا توقعها في كل مجال أو علم معين، وكيف يمكنها أن تؤثر في فروع العلم الأخرى، وتسمو فوقها؟ أي التوقعات الحالية لن يتحقق، وأيها سيمثل تحولات مفاجئة في الإدراك؟

يضم الكتاب مقالات متعمقة مفعمة بالتحدي أشبه بمغامرات فكرية لخمسة وعشرين عالما بارزا، جميعهم ممن يتواصلون كثيرا مع الجمهور من خلال كتبهم ومقالاتهم العلمية، وهم: علماء الأحياء ريتشارد داوكينز، وبول دبليو. إيوالد، وبرايان جودوين، وستوارت كاوفمان، وروبرت سابولسكي، والكيميائي بيتر أتكينز، وعلماء النفس بول بلوم، وميهالي شيكزنتميهالي، ونانسي إتكوف، وأليسون جوبنيك، وجوديث ريتش هاريس، وجوفري ميلر، وعالم النفس والكمبيوتر جون إتش. هولاند، وعالم النفس والباحث في الذكاء الاصطناعي روجر سي. شانك، وعلماء المخ والأعصاب صمويل باروندس، ومارك دي. هاوزر، وجوزيف ليدوكس، وعالما الكمبيوتر ديفيد جيليرنتر، وجارون لانير، ومدير مختبر الذكاء الاصطناعي بمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا رودني بروكس، والرياضيان إيان ستيوارت، وستيفن ستروجاتز. والفلكي مارتن ريز، وعالما الفيزياء النظرية بول ديفيز، ولي سمولين.

الباب الأول من الكتاب يمثل استكشافاً للمستقبل "من الجانب النظري". فمن بين الموضوعات التي يتناولها: التقدم المتحقق في علم الكونيات، واستخدام "النظم غير الواقعية الافتراضية" في الرياضيات، والاتجاهات الجديدة في نظرية التعقيد، والتأملات في معنى أن يكون الشيء "حياً"، وفي كيفية تعلمنا وتفكيرنا وفي طبيعة وعينا وشعورنا، وفي ما إذا كنا وحدنا في هذا الكون تمثل صورة فريدة من صور الذكاء.

أما الباب الثاني فيستكشف المستقبل "من الجانب التطبيقي"، إذ يغطي موضوعات من قبيل مستقبل سَلْسَلة الحامض النووي وماذا سنعرف عن أنفسنا من خلاله، واستكشاف المريخ والبحث عن حياة خارج كوكب الأرض، وسيطرتنا على المادة، وتفاعلنا الحميم مع آلاتنا وخصوصا حواسيبنا، والتصورات المستقبلية للفضاء المعلوماتي، وعلم الأعصاب، وطريقة تربيتنا لأطفالنا، وآفاق مواصلتنا لرفاهتنا البدنية والذهنية.

إننا نمر بتحول معرفي جذري شديد التسارع، إذ نستخدم أدوات جديدة قوية وفعالة بشكل غير مسبوق، وفي هذه الأثناء – كما أوضح عالم الأحياء في أكسفورد جيه. زد. يانغ في محاضرة بهيئة الإذاعة البريطانية سنة 1951 – نصير إلى تلك الأدوات. ما كنا نفتقر إليه حتى وقت قريب هو ثقافة فكرية قادرة على تحويل فرضياتها بالسرعة نفسها التي تحولنا بها تكنولوجياتنا.

الخمسون سنة المقبلة جزء من هذه البداية .. مكان يتصادم فيه المذهب التجريبي مع نظرية المعرفة ويصير كل شيء مختلفا، ونبدأ فيه إعادة النظر في طبائعنا ونوع العالم الذي نعيش فيه. هذا التضافر موجود في عمل المفكرين واضعي هذا الكتاب وفي مساهماتهم فيه.

جون بروكمان

مدينة نيويورك

سبتمبر (أيلول) 2001

الفصل الأول

المستقبل نظريا

لي سمولين

مستقبل طبيعة الكون

مطلوب منا التنبؤ بمستقبل العلم بعد خمسين سنة من الآن، وهو زمن طويل، إذا أخذنا في اعتبارنا الوتيرة التي سار عليها علماء الفيزياء والكونيات خلال عدة مئات من السنوات الماضية. ولكن لعلّه لا يكون زمناً طويلاً جداً بحيث يستعصي علينا فيه تقديم تنبؤات لا تبدو سخيفة - تماماً - بحلول ذلك التاريخ. فلو نظرت إلى الوراء إلى تاريخ العلم، لرأيت أن الأسئلة المهمة التي كان يطرحها الناس، كثيراً ما كانت تجد لها إجابة بعد ذلك بخمسين سنة. ومع ذلك فإن تقدم العلم كان عادة بطيئاً إلى درجة أن الناس يتكلمون - تقريباً - اللغة ذاتها التي كان يتكلمها زملاؤهم العاملون في الحقل ذاته منذ خمسين سنة.

هيا بنا نرجع خمسين سنة إلى الوراء لنتعرف على الأسئلة الكبرى.

1. ما طبيعة القوة الكبيرة التي تحافظ على تماسك الأنوية الذرية؟
2. ما طبيعة القوة الضئيلة المسؤولة عن الانحلال الإشعاعي؟
3. هل نظرية الحالة المستقرة الخاصة بالكون على صواب، أو هل كان هناك انفجار كبير، على النحو الذي تكهن به جامو (Gamow) وغيره من أصحاب الآراء المتطرفة؟
4. هل للبروتونات والنيوترونات أي بنية داخلية؟
5. لمَ للبروتون والنيوترون كتلتان مختلفتان اختلافا طفيفا في حين أن الإلكترون أخف كثيرا من أي منهما؟ ولمَ لا توجد كتلة للنيوترينو؟ وما الميون، ومن الذي رتّبه؟
6. ما العلاقة بين النسبية العامة ونظرية الكمّ؟

7. ما الطريقة الصحيحة لفهم نظرية الكمّ؟

أعتقد أنه يمكننا أن نؤكد دون تردد أننا الآن نعرف الإجابة على الأسئلة الأربعة الأولى، ومازلنا نحاول الإجابة على الثلاثة الأخيرة. ولكن الأولى لم تُنس، والواقع أن الطرق التي تمت بها الإجابة عليها تشكّل أساس تعليم الفيزيائيين النظريين في يومنا هذا.

ولكن لو عدنا إلى الوراء مائة سنة، لوجدنا أننا لم نعد نبالي بكثير من الأسئلة التي كان الناس يطرحونها في ذلك الحين. أنا لست مؤرخا لأضع قائمة بالأسئلة التي كان يطرحها الفيزيائيون في مطلع القرن الماضي، ولكنهم كانوا على الأرجح معنيين بخصائص الأثير (ether) أكثر من خصائص الذرات. لم تظهر أدلة على وجود الذرات الطبيعية إلا بعد ذلك ببضع سنين، بل الحقيقة أن سنة 1900 لم يكن فيزيائيون كثيرون يؤمنون بوجود الذرات. وكان آخرون – مثل إرنست ماك (Ernst Mach) يظنون أن المسألة ليست جزءا من علم الفيزياء؛ وذلك لاستحالة رصد الذرات. أما بالنسبة للفلك، فلم تكن هناك أدلة سنة 1900 على وجود مجرات باستثناء مجرتنا المسماة الطريق اللبني، كما لم تكن لدى أي شخص أي فكرة عن سبب سطوع النجوم. إذن ففي حين أن فيزيائيي أوائل خمسينيات القرن العشرين ربما كانوا يفهمون الأسئلة التي يطرحها الفيزيائيون اليوم، لا يمكن أن يكون في بداية القرن العشرين من كان يفهم ولو حتى الكلمات التي كان يستخدمها الفيزيائيون سنة 1950 في حديثهم مع بعضهم بعضاً.

أحياناً يتغير العلم تغيراً ضئيلاً جداً على مدى خمسين سنة بحيث يبدو التنبؤ بما سنعرفه بعد هذه المدة مقبولاً. غير أن هناك فترات يكون التقدم فيها أسرع، ويبدو أن هناك مسافة زمنية تتراوح بين خمسين ومائة سنة، ربما يكون من غير المجدي بعدها أن نتكهن لها بأي تفصيل للتقدم العلمي.

هيا بنا نتأمل للحظة سبب ذلك. ربما يرجع هذا – جزئيا – إلى أن الخمسين سنة تمثل تقريبا الحياة العملية لأي عالم منذ بداية دراسته وحتى تقاعده. إذن فهذه هي المدة الزمنية التي تعمل على امتدادها الاتجاهات المحافظة التي هي من صميم بنية الحياة العملية على تأخير تقدم العلم. العلم صعب، ونحن العلماء نفضل التوصل إلى فهم جيد قدر الإمكان لما نفعله، ومن ثمّ فإننا نفضل العمل مستخدمين الأساليب والأفكار نفسها التي نجيد فهمها من قبل ما لم نضطر إلى ما هو عكس ذلك. ثمة عامل آخر يتمثل في أن الحياة العملية للعلماء الشبان غالباً ما يسيطر عليها كبار السنّ الذين يوشكون على التقاعد، وهم في كثير من الحالات لا يكونون بمثل نشاطهم السابق، وبالتالي ليسوا على دراية بالأساليب الجديدة. كما يتردد طلاب الدراسات العليا الأذكياء مهنيا

– بغض النظر عن مدى سعة خيالهم – في التطرق إلى شيء لا يفهمه من هم أكبر منهم سناً في نفس مجالاتهم. إذن فللتفكير في الصورة التي سيكون عليها حقلي العلميّ بعد خمسين سنة، أتخيل ما الذي سيتحدث عنه أبرع تلامذتي من طلاب الدراسات العليا في حفلات تقاعدهم. أظن أنهم سيستخدمون اللغة التي علّمناهم إياها، ما لم يكونوا مجبرين بفعل البيانات، التي لا يمكنهم تفسيرها بغير ذلك، لإحداث ثورة مماثلة لتلك التي شهدها مطلع القرن العشرين. فإذا كان الحال كذلك، فإن التجربة الحالية ربما تكون مفيدة،

وإن كان الرومانسيون منا من شأنهم أن يتوقعوا حدوث ثورة لا أن تتأكد معتقداتنا.

يمكن للمرءَ أيضاً أن يتأمل كنه الاختلاف في سوسيولوجيا العلم في النصف الأول من القرن العشرين على النحو الذي مكّن من إحراز هذا التقدم الهائل. هناك إجابتان جديرتان بالثقة تتبادران إلى الذهن، إحداهما أن النشر كان متيسرا لأشخاص من الخارج – مثل ألبرت أينشتاين (Albert Einstein) وبول إيرنفست (Paul Ehrenfest) – رغم عدم شغلهم مناصب جامعية، والأخرى أن الجيل الذي سبق مخترعي نظرية الكم أبيد بشكل شبه كامل في الحرب العالمية الأولى، مما ترك المجال مفتوحا أمام هايزنبرج (Heisenberg) وديراك (Dirac) وأصدقائهما.

ولكن ما الذي سنعرفه عن الفيزياء الأساسية وعلم الكونيات بعد خمسين سنة؟ بدلا من التخمين، أقترح طريقة تحظى بفرصة التوصل إلى استنتاجات لن تبدو سخيفة في خمسينيات القرن الراهن، وسوف أضع قائمة بأهم الأسئلة غير المجاب عنها حالياً، ثم أسأل عن التطورات التي يمكننا توقعها في العلم التجريبي والرصدي وتمكّن من الإجابة عليها إجابة وافية. لن أشغل نفسي بالتطورات النظرية؛ لأنه توجد بالفعل إجابات مقترحة على جميع أسئلتي. وأنا افترض أننا سنتمكن نحن أصحاب النظريات خلال خمسين سنة من تكييف نظرياتنا أو التوصل إلى نظريات جديدة استجابة للبيانات.

إذن إليك قائمتي التي تضم أهم سبعة أسئلة مفتوحة في الفيزياء الأساسية وعلم الكونيات:

1. هل نظرية الكم بصيغتها الحالية صحيحة أم أنها تحتاج إلى تعديل، إما ليكون لها تفسير فيزيائي منطقي، وإما لتوحيدها مع النسبية وعلم الكونيات؟

2. ما نظرية الجاذبية الكمّية؟ وما بنية المكان والزمان على مقياس بلانك (lanck)

10^{33} سم أو أصغر من نواة الذرة بعشرين مقدار أسّيّ (order of scale) (magnitude)؟

3. ما الذي يفسّر القيم الدقيقة للمَعْلَمات (parameter) التي تحدد خصائص الجزيئات الأولية ومثل كتلها وشدة تفاعلها؟

4. ما الذي يفسر المقاييس النسبية الكبيرة التي نلاحظها؟ وما السبب في أن التجاذب بين اثنين من البروتونات أصغر بمقدار 4010 من تنافرهما الكهربائي؟ ولمَ الكون كبير بهذا القدر؟ ولمَ هو أكبر على الأقل بمقدار 6010 من مقياس بلانك الأساسي؟ لمَ الثابت الكوني أصغر من أي مَعْلَمة أخرى في الفيزياء بالنسبة نفسها تقريباً؟

5. ما الانفجار الكبير؟ وما الذي حدد خصائص الكون الذي نشأ عنه؟ وهل الانفجار الكبير أصل الكون؟ وإن لم يكن كذلك، فما الذي حدث قبله؟

6. ممّ تتكون المادة السوداء والطاقة السوداء التي تشكل ما بين 80 و95 في المائة من كثافة الكون؟

7. كيف تكونت المجرات؟ وما الذي نعرفه من خلال الأنماط التي نلاحظها في توزيع المجرات عن النشأة الأولى للكون؟

مازالت الأربعة الأولى من هذه الأسئلة دون إجابة منذ خمسين سنة، وهي تزداد عمقا بمرور الزمن. أما الثلاثة الأخرى فهي جديدة. هيا بنا إذن نسأل عمّ إذا كانت الملاحظات والتجارب التي سنتمكن من إجرائها سنة 2050 ستكون كافية لاختبار الأجوبة التي يمكن أن يقترحها أصحاب النظريات على هذه الأسئلة. بالطبع يمكن اختراع أي شيء خلال خمسين سنة. ولكي يتسنى لطريقتي أن تكون جديرة بالتصديق، يجب أن نكون متحفظين فيما يتعلق بتطور التكنولوجيا. ومن ثم فلن آخذ بعين الاعتبار سوى التكنولوجيا الموجودة حاليا أو التي يجري تطويرها. وفي حالة التكنولوجيا التي يجري تطويرها، لن آخذ بعين الاعتبار إلا التكنولوجيا التي يعتقد نسبة كبيرة من الخبراء أنها ستنجح في السنوات القليلة المقبلة. ولكني سأفترض بالنسبة لكل التكنولوجيات – سواء الموجود منها أو ما هو قيد التطوير – أنه على مدى خمسين سنة ستتطور قدر الإمكان، غير معتبرين إلا القيود التي تفرضها قوانين الفيزياء أو الاقتصاد. فالميكروسكوبات العادية لها حد طبيعي يقرره طول موجة الضوء، في حين أن التلسكوبات لها حد طبيعي تفرضه سرعة الضوء في كون عمره محدود. أما التكنولوجيات الأخرى فستكون محدودة على الأرجح لاعتبارات

مالية. فيمكننا أن نفترض مطمئنين عدم إجراء تجربة تفوق تكلفتها - في ذلك الحين - ميزانية الدفاع الأمريكية. دعني أسارع بإضافة أنني لست خبيرا في الفيزياء التجريبية أو علم الكونيات الرصدي، كما أنني لم أجر دراسة دقيقة للحدود ذات الصلة، وبالتالي فإن تقديراتي ستكون بالضرورة تقريبية تماما. بإسقاط التكنولوجيا الحالية على حدودها الطبيعية والمالية، إليك ما أظن أنه يمكننا أن نأمل التوصل إليه بحلول منتصف القرن.

يمكننا البدء بنظرية الكم. في الوقت الحالي، يجري تطوير طرق فاعلة جديدة تبشر بأن توسّع النظام الذي اختُبِرت فيه نظرية الكم تجريبياً بشدة، وهي طرق تتصل في المقام الأول بتطوير الكمبيوترات الكمّيّة (عبارة عن أجهزة عِيانية (macroscopic) تستخدم التأثيرات الكمّيّة من قبيل التراكب والتشابك لإجراء تحسيبات (computation) يستحيل إجراؤها على الكمبيوترات العادية). فالكمبيوتر الكمي يتطلب هذه التأثيرات التي تم رصدها حتى الآن للعمل على الأنظمة العيانية مثل دوائر الكمبيوتر، بحيث يمكن لهذه الأجهزة اختبار تنبؤات نظرية الكم التي تختلف اختلافا شديدا عن النظرية الكلاسيكية.

ولأنه ثبت أن الكمبيوترات الكمّيّة يمكنها حل كافة الرموز المستخدمة الآن من قبل الحكومات والجيوش والشركات، فقد تم توجيه كثير من المال إلى الحوسبة الكمّيّة. إذن يمكننا أن نفترض - باطمئنان - أنه مادامت ميكانيكا الكمّ صحيحة عند استقرائها على النظم العيانية، فسوف تكون هناك كمبيوترات كمية بعد 50 سنة، بل ويرجّح أيضا أن تكون هناك أجهزة اتصال كمّيّة تستخدم حالات الكم الممتدة حول العالم. وإذا كانت نظرية الكم الحالية مجرد تقريب لنظرية أعمق، فإن التجارب على الكمبيوترات الكمية سوف تكشف هذا على الأرجح. إذن فمن المنطقي أن نخلص إلى أنه بعد خمسين سنة من الآن، سوف نعرف الإجابة على السؤال الأول.

هيا بنا نتجه بعد ذلك إلى علم الكونيات. بحلول منتصف القرن سيكون لدينا بكل تأكيد صورة مفصلة لتاريخ الكون، وبناءً على الملاحظات التي تستخدم نطاق الطيف الكهرومغناطيسي علاوة على النيترينوات والأشعة الكونية وموجات الجاذبية. وستكون المَعْلَمات الموجودة في نماذجنا الكونية الحالية عالية الدقة، كما سنعرف كثيرا من الحقائق الأخرى عن الكون مثل عدد الثقوب السوداء، والتوزيعات في مكان النجوم وزمانها، والمجرات، والثقوب السوداء، والنجوم النيوترونية، وأشباه النجوم، ومفجرات أشعة جاما، وغيرها من الأشياء. والواقع أننا سنعرف على الأرجح تاريخ الكون المفصل وخصائصه أكثر من معرفتنا الحالية بتاريخ سطح كوكبنا. سنكون حقا على دراية حقيقية بالكون، على الأقل من حيث الدراية بجميع ظواهره.

ستقيد هذه النتائجُ النظرياتِ الحالية الخاصة بالكون الأول، مثل التوسع (inflation)، تقييدا شديدا، وستكون لدينا - أيضاً - صورة مفصلة لكيفية تكوّن المجرات وأنماط التجمعات المجرّية والتجمعات العملاقة. وحتى دون ملاحظات مباشرة للمادة السوداء، فإن هذه الملاحظات ستفيد بشدة نظريات طبيعة المادة السوداء والطاقة السوداء. وبحلول منتصف القرن ربما نكون رصدنا المادة السوداء والطاقة السوداء مباشرة وربما، علمنا ما يكفي عنهما لتأكيد أو دحض مختلف النظريات التي اقترحت بخصوصها.

سيتساءل بعض القراء عمّ إذا كانت هذه الملاحظات كافة تؤكد نظرية الانفجار الكبير (Big Bang). وللإجابة عن هذا السؤال يجب أن نفرق بين معنيين لكوزمولوجيا الانفجار الكبير، سأسمّي الأول كوزمولوجيا الكون المتسع (Expanding Universe)، وهي النظرية القائلة بأن الكون اتسع من حالة أكثر كثافة وحرارة منذ حوالي 13 مليار سنة. ومن بين الأحداث الرئيسة في هذه القصة انفصال الضوء والمادة عندما برد الكون بما يكفي لاستقرار الذرات. فعلى مدى حوالي مليون سنة قبل ذلك، كان الكون ممتلئا بالبلازما مثل باطن النجوم. ومنذ التحول، امتلأ الكون بغاز مخفف شفاف جداً، وتكونت جميع البنيات التي نراها من نجوم، ومجرات، وتجمعات مجرّيّة. كما تكونت جميع العناصر الكيميائية تقريبا منذ التحول في النجوم، ولم يتكوّن قبل ذلك إلا الهليوم والعناصر الخفيفة الأخرى مثل الديوتريوم والليثيوم. أظن أنه من غير المحتمل أن يتغير الشكل العام لهذه القصة بعد خمسين سنة من الآن. وعلى الرغم من أننا سنتعرف أكثر بكثير على العمليات التي تكوّنت من خلالها النجوم والمجرات والعناصر، فإن جميع الأدلة ستبقى مؤيدة لنظرية الكون المتسع.

يمكننا أيضاً أن نقول مطمئنين أنه ستكون هناك مشاهدات (observation) تؤيد بشدة نظرياتنا الخاصة بما حدث في تاريخ الكون الأول. فمع عودتنا بالزمن إلى الوراء، ستزداد الكثافة ودرجة الحرارة. ومن المثير للاهتمام أن نتساءل إلى أي مدى يمكننا العودة إلى الوراء لتقييد النظريات بالمشاهدة. وبحلول منتصف القرن، من المحتمل أن يمتد ذلك الجزء القابل للاختبار من النظرية إلى الوراء إلى زمن بلانك (Planck time) (فترة زمنية صغيرة جدا، 4310 منها يساوي ثانية واحدة) على الأقل. انظر مثلا إلى فرضية التوسع. في ظل مجموعة معينة من الافتراضات المعقولة، يمكن اختبار تنبؤات هذه النظرية في المشاهدات الحالية للتقلبات في خلفية الموجات الدقيقة الكونية، علما بأن هذه المشاهدات تشكّل واحدا من أعظم إنجازات العلم الحديث. ولكن حتى إذا كانت المشاهدات الحالية متوافقة مع التوسع، فمازال هناك عدد

من الأسئلة المفتوحة. فتنبؤات التوسع بسيطة ويمكن أن تتضمنها النظريات الأخرى، لذا ربما تدعو الحاجة إلى قياسات أكثر تفصيلا لتمييز التوسع عن التفسيرات المنافسة الممكنة للبيانات الحالية. علاوة على ذلك، هناك نسخ مختلفة عديدة من التوسع، وهناك حاجة أكيدة إلى مزيد من القياسات للتمييز بينها. ونأمل أن نحصل على تلك القياسات الأكثر تفصيلا لخلفية الموجات الدقيقة الكونية ليس خلال خمسين سنة بل خمس سنوات. إذن فمن المعقول إن لم يكن من المؤكد التنبؤ بأنه سيكون من الدارج اعتبار نظرية الكون المتسع قابلة للاختبار من خلال المشاهدات المفصلة على طول الخط من عصرنا هذا إلى زمن بلانك، وذلك بحلول منتصف القرن.

ولكن لم يثبت أن زمن بلانك أصل الزمن. إن الجزم بأن الانفجار الكبير كان البداية المطلقة للكون يختلف تماما عن نظرية الكون المتسع. فحتى لو كنا نعرف أن الكون أشد سخونة وكثافة على طول الخط حتى نقطة معينة، ربما تكون جزءا من الثانية بعد بداية نظريةٍ معينةٍ، فإن هذا لا يثبت أن شيئا لم يحدث قبل ذلك لبدء التوسع. إذن فإنه من الممكن أن الكون وُجد ربما بهيئة مختلفة قبل لحظة "الانفجار الكبير" النظري بزمن طويل. ولتمييز هذه الأنواع من الفرضيات، دعونا نشير إليها باسم نظريات أصل الكون.

هناك العديد من نظريات أصل الكون قيد الدراسة الآن، وجميعها متوافق مع نظرية الكون المتسع، وبالتالي مع كافة المشاهدات الحالية. تتنبأ بعض هذه النظريات، أو بالأحرى تفترض كنظرية هارتل-هوكنج (Hartle-Hawking) الخاصة بـ "وظيفة الكون الموجية"، بأن الانفجار الكبير كان فعلاً أصل الزمن. وهناك أخريات – مثل فكرة نشأة أكوان جديدة بانهيار الثقوب السوداء – تتنبأ بوجود كون قبل الانفجار الكبير، وأن ما حدث حينئذ حدد خصائص الكون الذي برز من الانفجار الكبير. من الممكن وإن كان من غير المؤكد بأي حال أننا سنحصل على أدلة تقيّد هذه النظريات لدرجة أننا سنعرف ما إذا كان هناك شيء قبل الانفجار الكبير أم لا، ولا بد أن تأتي هذه الأدلة من استخدام موجات الجاذبية لدراسة الكون في الفترة الأولى من التوسع. ولا شيء آخر يمكنه فعل هذا؛ لأن الكون في الأزمنة الأولى لم يكن منفّذا لأشكال الإشعاع كافة باستثناء موجات الجاذبية. إن علم فلك موجات الجاذبية يجري تطويره حاليا، ولكن لم تتم بعد مشاهدة أية موجات جاذبية. وتوجد على الطاولة مقترحات بخصوص مكتشِفات فضائية لموجات الجاذبية ستكون من حيث المبدأ قادرة على استخدام إشعاع الجاذبية لالتقاط صورة للكون في زمن بلانك، وبالتالي تميّز بين مختلف نظريات أصل الكون. من الممكن وإن كان من غير المؤكد بأي حال أن تكون هذه التكنولوجيا متوافرة بحلول منتصف القرن.

دعونا نلتفت الآن إلى فيزياء الجزيئات الأولية. في هذا السياق، نجد القيود ذات صبغة اقتصادية. فإذا لم تحدث اختراقات في تكنولوجيا المسارعات (accelerator)، لن يتم بناء مسارعات أكبر بكثير من التي يجري بناؤها بميزانيات تبلغ مليارات الدولارات. تكمن المشكلة في أن الطاقة تزيد زيادة لوغاريتمية بزيادة المال، لذا فلكي نحصل على طاقة أكثر بعشر مرات تقريباً، لا بد من زيادة الميزانية مائة ضعف. ومن ثم يمكننا أن نتنبأ بكل طمأنينة أنه بحلول منتصف القرن – ما لم يتم اختراع تكنولوجيا جديدة – سنكون درسنا على أقصى تقدير مقدارين أو ثلاثة مقادير أسّيّة أعلى في الطاقة، وأقل في المقياس مما درسناه حتى الآن. ولكن حتى هذه الزيادة المتواضعة من شأنها أن تؤدي إلى مجموعة من الاكتشافات مثل بوزون هيجز (Higgs boson) (الجزيء الذي يعتقد أن له دوراً في تحديد كتل كافة الجزيئات الأولية المشاهدة). كما ينبغي أن نكون أيضا أكدنا - أو دحضنا - فرضية التناظر الفائق (supersymmetry) التي تمثل عنصرا رئيسا من عناصر نظرية الأوتار (string theory). كل هذا شديد الأهمية، ولكنه على الرغم من ذلك سيتركنا بعيدين بما يزيد على 1510 عن مقياس بلانك، الذي تلزم دراسته لاختبار نظريات الجاذبية الكمية مباشرةً. هل يعني هذا أن النظريات المرشحة للجاذبية الكمية (مثل نظرية الأوتار والجاذبية الكمية الحلقية (loop quantum gravity)) ستظل دون اختبار بعد خمسين سنة من الآن؟

ربما لا! فالتكنولوجيا الجديدة جعلت دراسة مقياس بلانك أمرا ممكنا. أما البرهان فهو كالتالي: تتنبأ بعض نظريات الجاذبية الكمية بأن المكان (space) والزمان (time) لهما بنية ذرّيّة منفصلة. ولو كان الحال هكذا فعلا، فهذا من شأنه أن يغير الطريقة التي كان ينتقل بها الفوتون في الفضاء، وذلك أشبه إلى حدّ ما بطريقة تشتت الضوء أو انكساره عند مروره في الماء. وهذا أثر بالغ الصغر، ولكنه تراكمي. فإذا كانت الفوتونات تقطع مسافات طويلة جدا، فإن الأثر الضئيل يتضخم. ولحسن الحظ أننا نستطيع بسهولة رصد الفوتونات التي مضى عليها وهي متحركة مليارات السنين الضوئية آتية من أحداث عالية الطاقة مثل انفجارات أشعة جاما. في هذه الحالات وبضع حالات أخرى، ربما تكون الآثار التي تتنبأ بها بعض نظريات الجاذبية الكمية كبيرة بما يكفي لرصدها. والواقع أن هناك بالفعل مزاعم بأن آثارا معينة رُصدت من قبل في سلوك الأشعة الكونية فائقة الطاقة يمكن تفسيرها بأثر بنية الزّمَكان الكمية للفضاء على مقياس بلانك.

يجب أن أؤكد أنني هنا أشير إلى مشاهدات يومنا هذا التي تتم من خلال الأقمار الصناعية المصممة للقيام بأنواع أخرى من المشاهدات. فباستخدام قمر صناعي مصمم لهذا الغرض،

يمكن دراسة مقياس بلانك خلال السنوات العشر المقبلة. إن تحسين هذه التجارب يتطلب في المقام الأول تحسينات في دقة المكتشفات، وأنا أعلم أنه لا توجد قيود طبيعية أو اقتصادية على دقة مكتشفات الفوتونات عالية الطاقة يمكنها أن تحول دون استخدام هذه الطريقة الجديدة كدراسة مفصلة لبنية الزمكان على مقياس بلانك. أما بالنسبة للأشعة الكونية، فسوف تكون هناك قيود اقتصادية. فالأشعة الكونية تشتد ندرتها كلما ازدادت طاقتها، وبالتالي فإن دراسة مستوى أعلى من الطاقة يحتاج إلى مكتشف أكبر. ولكن المكتشفات المقترح تصميمها من قبل والجاري تطويرها ستكون كافية دراسة مجموعة من الطاقات ذات الصلة لتمييز نظريات الجاذبية الكمية. وهنا أيضا ستتوافر بيانات جيدة جدا بحلول سنة 2050.

تعرضت نظرية الأوتار التي تعدّ واحدة من المرشحات الأُول كنظرية جاذبية كمية للنقد لتقديمها تنبؤات قليلة قابلة للاختبار. ولكنها تقدم بعض التنبؤات، وأحدها ينطبق على نتائج مثل هذه المشاهدَات، بمعنى أن النتائج يجب أن تكون متسقة مع كون الفضاء له بنية سلسة. وهذا يقتضيه تناظر خاص بالنظرية يسمى "لا متغير لورنتز" (Lorentz invariance). وتتنبأ نظريات الجاذبية الكمية الأخرى بأن هذا التناظر يُكسر أو يُحوّر بفعل تأثيرات صغيرة. وتقع الاختلافات بين تنبؤات مختلف النظريات في نطاق ما يمكن لهذه النظريات الجديدة اختباره. وهكذا فقد يتصادف أنه في غضون بضع سنين، سيكون قد تم استبعاد نظرية الأوتار أو إحدى منافساتها بالمشاهدة.

إذن هاهي نتيجة استعراضنا السريع للاحتمالات التجريبية. ويبدو محتملا أن تكون لدينا بيانات جيدة تقدم إجابة على السؤالين الأولين الخاصين بنظرية الكم والجاذبية الكمية، والسؤالين الأخيرين الخاصين بعلم الكونيات وفيزياء الفلك.

ربما نحصل على البيانات التي تسمح لنا باختبار نظريات نشأة الكون وربما لا نحصل عليها. وربما يكشف علم فلك أمواج الجاذبية عن معلومات آتية من الفترة الزمنية التي سبقت الانفجار الكبير، هذا إذا كان هناك - فعلاً - مثل هذا الزمن، ولكن هذا ليس أمراً مؤكداً، بسبب الحالة غير اليقينية حتى الآن لعلم فلك أمواج الجاذبية.

عندئذ يتبقى لدينا سؤالان هما: الثالث والرابع، ويختصان بالسبب في أن معلمات الفيزياء الجزيئية مثل كتل الجزيئيات الأولية وشدة تفاعلاتها تأخذ القيم التي تأخذها. هنا الموقف غير واضح. إن لدينا من قبل كثيرا من المعلومات ذات الصلة، ولكننا لا نستطيع الإجابة على هذين السؤالين في الوقت الحالي. ربما تساعدنا تطورات الفيزياء الجزيئية التي ستكون قابلة للاختبار

بمجيء الجيل القادم من المسارعات الجزيئية على فهم سبب اختصاص الجزيئات الأولية بهذه الكتل والتفاعلات. ولكن ليس من المؤكد على الإطلاق أن دراسة بعض المقادير الأسّيّة الإضافية سيمنحنا رؤية ثاقبة كافية لحسم هذين السؤالين.

بدلاً من ذلك، لعلّ الإجابة على هذين السؤالين ستكون من خلال إحدى نظريات الجاذبية الكمية، وهو الدافع الأصلي لنظرية الأوتار. ولكن حتى الآن لا يبدو الأمر على هذا النحو. فبدلاً من ذلك، تثبت الأدلة النظرية الحالية أن نظريات الجاذبية الكمية مثل نظرية الأوتار متوافقة مع نطاق واسع من اختيارات خصائص الجزيئات الأولية. وهذا مردّه إلى أن الإجابات التي نبحث عنها تتناول أيّ حلّ يصف كوننا من بين الحلول التي تقدمها نظرية معينة، وليس: أيّ من النظريات المتنافسة تمثل الاختيار الصحيح. ويبدو أن كل نظرية تقدم حلولا كثيرة، وكل واحدة تصف كوناً ممكناً.

لقد قاد هذا بعضنا إلى نظريات تحتوي - في الحقيقة - على أكوان كثيرة، أو بالأحرى كون واحد ولكنه يحتوي على مناطق كثيرة، كل منطقة منها تشبه منطقتنا، وكل منها تبدأ من خلال انفجار كبير، ثم تتسع وتكتسب بنية تمليها قوانين الفيزياء. هناك - تقريباً - نوعان من هذه النظريات القائلة بالأكوان العديدة. فالنظرية الأولى تكتفي بافتراض أن العالم يتكون من عدد كبير من الأكوان، وتُختار في كل كون منها قوانينُ الطبيعة – أو على الأقل معلمات هذه القوانين – اختياراً عشوائياً، وهذا يندرج عموماً تحت اسم المبدأ الإنساني (anthropic principle). أما النوع الثاني من النظريات فيفترض عمليةً تُولَد فيها أكوانٌ جديدة نتيجة تكوّن ثقوب سوداء. وتقول هذه النظرية، التي تسمى الانتخاب الطبيعي الكوني، بشيء يشبه الأحياء النشوئية؛ لأن أنواع الأكوان الأكثر شيوعاً هي التي تستنسخ نفسها في الأغلب.

من بين هذه النظريات، لا يمكن اختبار المبدأ الإنساني على إطلاقه، في حين أن فرضية الانتخاب الطبيعي قابلة للدحض لا للإثبات، باستخدام التكنولوجيا الحالية على الأقل. فلإثبات هذه النظرية بدلا من دحضها، نحتاج إلى دراسة الزمن قبل الانفجار الكبير، وهي مهمة ربما تؤديها موجات الجاذبية، ولكن كما بيّنت، ربما لا يحدث هذا في غضون خمسين سنة. إذن فبحلول 2050، ربما ستكون فكرة الانتخاب الطبيعي اجتازت جميع الاختبارات التي خضعت لها، ولكنها ربما تكون مازالت غير مثبتة.

بالطبع، ربما يتم التوصل إلى أفكار جديدة وابتكار تكنولوجيات جديدة تغير الموقف تغييراً جذرياً. ولكننا اتفقنا هنا أن نكون متحفظين، ولا نأخذ في حسباننا إلاّ الأفكار والتكنولوجيات القائمة. ولو كان لي أن أجازف بتخمين شيء بناء على هذا التحليل المتحفظ، فسوف أخمّن أنه بعد

خمسين سنة من الآن، سوف نعرف الإجابة على خمسة أسئلة على الأقل من الأسئلة السبعة التي تضمنتها قائمتي. ولكن من غير المؤكد أننا سنعرف الإجابة على السؤالين الثالث والرابع. بمعنى أننا قد نعرف نظرية الجاذبية الكمية، ونفهم طبيعة الانفجار الكبير، وسنكون عندها قد اكتشفنا واتفقنا على الصياغة الصحيحة لنظرية الكم، ومع ذلك مازلنا لا نستطيع الإجابة عن السؤال البسيط الذي طرح قديماً في ثلاثينيات القرن العشرين، ألا وهو: ما السبب في أن كتلتي البروتون والنيوترون سيان تقريباً، ولمَ النيوترون أثقل بدرجة طفيفة؟

لي سمولين (Lee Smolin): عالم في الفيزياء النظرية، وعضو مؤسس وباحث فيزيائي بمعهد بيريميتر (Perimeter Institute) لعلوم الفيزياء النظرية في ووترلو بولاية أونتاريو. ألّف "حياة الكون" (The Life of the Cosmos) و"ثلاثة طرق إلى الجاذبية الكمية" (Three Roads to Quantum Gravity).

مارتن ريز
التحديات الكونية:
هل نحن وحدنا، وأين؟

لا يتمثل التحدي الاستكشافي الأهم في الخمسين سنة المقبلة في العلوم الطبيعية، ولا في علم الأحياء (الأرضي)، بل يتمثل يقيناً في البحث عن أدلة قوية تؤكد أو تنفي وجود مخلوقات ذكية خارج الكرة الأرضية. في اعتقادي أنه بحلول سنة 2050، ستكون مفاجأة إن لم نفهم كيف بدأت الحياة على الأرض. سنكون حينئذ قادرين - حتى دون أدلة خارج أرضية مباشرة - على تفسير نشوء حياة من نوع أساسيّ ما على أسطح الكواكب الأخرى. ولكن هذا يترك سؤالاً آخر مفتوحاً يمكن أن تتبين صعوبة الإجابة عنه وهو: «لو أن حياة بسيطة نشأت، فما احتمالات عدم تطورها إلى شيء ندركه على أنه ذكي؟».

سيتم إرسال أسطول من المجسات الفضائية إلى المريخ خلال العقد القادم لدراسة سطحه والعودة بعينات منه في النهاية إلى الأرض. وهناك خطط أطول مدىً للبحث في أماكن أخرى في مجموعتنا الشمسية باستخدام مجسات فضائية روبوتية، منها الغلاف الجوي للقمر العملاق «تيتان» التابع لكوكب زحل، والمحيطات التي يكسوها الجليد على سطح قمر أوروبا التابع للمشتري. فإذا كشف أي من هذه الأجهزة عن وجود حياة، حتى لو في أبسط صورها، نشأت نشأة مستقلة في مكان ثانٍ في الكواكب التابعة لمجموعتنا، فسيعني هذا أن حياة بسيطة لابد وأن تكون منتشرة في المجرة وما وراءها.

لا أحد يتوقع الآن وجود حياة «متقدمة» في مكان آخر في مجموعتنا الشمسية، ولكن شمسنا مجرد نجم واحد من مليارات النجوم في مجرة الطريق اللبني وحدها. أيمكن للكواكب

التي تدور في فلك النجوم الأخرى أن تؤوي صور حياة أكثر تشويقا وإثارة للاهتمام من أي شيء قد نجده على المريخ؟ بل هل يمكن أن تكون مأهولة بكائنات يمكننا أن نعدّها ذكية؟ حتى وإن كانت الحياة البدائية شائعة في عموم الكون، فإن ظهور حياة متقدمة قد لا يكون شائعا. وأعتقد أن اللاأدرية (Agnosticism) - مذهب فلسفي يقول إن القيمة الحقيقية للقضايا الدينية أو الغيبية غير محددة ولا يمكن لأحد تحديدها - هي الموقف المنطقي الوحيد حيال هذه القضية في الوقت الحالي. فليست لدينا معرفة كافية عن منشأ الحياة (ولا عمّ إذا كان الانتخاب الطبيعي "متقاربا" (convergent) أم أنه سيتمخض عن نتيجة مختلفة تماما لو تكرر على الأرض) كي نقول ما إذا كان وجود كائنات فضائية ذكية أمرا محتملا أم لا.

لاقت محاولات البحث عن إشارات قادمة من كائنات فضائية ذكية صعوبة شديدة في الحصول على تمويل حكومي، حتى على مستوى الإيرادات الضريبية من أحد أفلام الخيال العلمي، لأن هذا الموضوع يرتبط في الذهن بأشياء غريبة مثل الأطباق الطائرة وغيرها. ولكن لحسن الحظ أن الجهود الرائدة التي يبذلها معهد "البحث عن حياة خارج الأرض" في كاليفورنيا تواصل توسعها مدعومة بتبرعات ضخمة من جهات خاصة صاحبة رؤية.

أشعر بحماس تجاه عمليات البحث هذه، وسوف أظل كذلك حتى وإن اعتقدت أن احتمالات عدم النجاح كبيرة؛ نظرا لأهمية أي إشارة صناعية، حتى لو كانت شيئا مملا مثل سلسلة من الأعداد الأولية. لن نعرف بالطبع ما إذا كان البث آتياً من شيء "مفكّر" أم من شيء صناعيّ تركته أحد الأنواع التي انقرضت قبل بث الرسالة بزمن طويل. ولكن مثل هذا الاتصال سيؤكد ظهور مفاهيم المنطق والفيزياء في أماكن أخرى غير الأمخاخ البشرية، وعندها سننظر إلى أي نجم بعيد نظرة اهتمام جديدة، إذا علمنا أنه شمس أخرى تشرق على مجموعة من الكواكب التابعة لها فيها كوكب ذو غلاف حيوي بمثل تعقيد الغلاف الحيوي للأرض.

بالطبع ربما تكون عمليات البحث هذه مكتوب عليها الفشل، وسيكون هذا ببساطة محبطا نوعا ما. بالطبع، الفشل لا يعني بالضرورة أنه لا توجد صور أخرى من الحياة الذكية، بل ربما تكون هناك حيوات تأملية متفوقة، ولا تفعل شيئا لتكشف عن وجودها. من ناحية أخرى، سيعظم احترامنا لذاتنا كونيا إذا كان كوكبنا الأرضي الصغير موطننا فريدا من نوعه للحياة الذكية، إذ سننظر إليه – مُنصفين – من منظور كوني أقل تواضعا مما كان سيستحقه لو كانت المجرة تعج بصور الحياة المعقدة. ويمكن أن ننظر إلى الأرض كـ"بذرة" تنتشر الحياة منها في أنحاء الفضاء. إن متسعا من الوقت أمامنا، فالمجرة بأكملها والممتدة على مسافة مائة ألف سنة ضوئية

يمكن تخضيرها في زمن أقل مما استغرقه تطورنا من الرئيسات الأولى. فعندما تفنى الشمس، ستكون قد انقضت 5 مليارات سنة أخرى، أي أطول خمس مرات مما استغرقه الانتخاب الطبيعي كي ينتقل من الكائنات الدقيقة متعددة الخلايا إلى الغلاف الحيوي الحالي للأرض ومن بينه نحن. خلال تلك الدهور، يمكن أن تحدث قفزات كمية أكبر. ويمكن فعلاً أن تكون التغيرات المستقبلية أسرع بكثير لو تم توجيهها صناعيا، بحيث تحدث في إطار زمني ثقافي أو تاريخي. ولا يمكننا التنبؤ بماهية الدور الذي ستتخذه الحياة في النهاية لنفسها، فربما تنقرض، أو ربما تحقق الهيمنة بحيث تؤثر على الكون بأكمله. وهذا الجزء الأخير هو مجال الخيال العلمي، ولكن لا يمكننا نبذه باعتباره عبثا.

من عوالم أخرى إلى أكوان أخرى؟

ستبدو التحديات المتمثلة في تأكيد بعض هذه التكهنات خلال الخمسين سنة المقبلة أقل تثبيطا إذا أعدنا النظر فيما تحقق في القرن العشرين. فمنذ مائة سنة، كانت أسباب سطوع النجوم تمثل لغزا. علاوة على ذلك لم يكن لدينا أي مفهوم يخص شيئا يتجاوز الطريق اللبني الذي كان يفترض أنه نظامٌ ساكن. أما في العقود الثلاثة الماضية، فقد أرسلت إلينا مجساتنا الفضائية صوراً من كواكب مجموعتنا الشمسية كافة، ومكنت التلسكوباتُ العملاقة الفلكيين من النظر إلى الفضاء نظراً أعمق بكثير مما كان ممكنا فيما سبق. تمتد هذه البانوراما الكونية على مسافة أبعد ملايين المرات من أبعد النجوم التي نستطيع رؤيتها، بل إن هناك مجرات بعيدة جدا عنا بحيث يستغرق ضوؤها عشرة مليارات سنة كي يصل إلينا. ومن الممكن اقتفاء تاريخ الكون إلى الثانية الأولى من بدايته، إذْ لا نواجه أحوالا مازالت الفيزياء الأساسية فيها مجهولة إلا في الملّيثانية الأول من التوسع الكوني، وفي أعماق الثقوب السوداء.

أثارت هذه التقدّمات احتمالاً مدهشاً، وهو أن ما نسميه كوننا (النطاق الذي يمكن للفلكيين دراسته، والذي تعود نشأته إلى الانفجار الكبير) ربما لا يكون حقيقة بكل ما في الكلمة من معنى. فقد توصل المنظّرون من قبل إلى سيناريوهات توضيحية تصور أكوانا متعددة بناء على افتراضات محددة بوضوح ولكنها نظرية، إذ أجرى أندريه لندي (Andrei Linde) وألكس فايلنكين (Alex Vilenkin) وآخرون عمليات محاكاة حاسوبية تصور مرحلة تضخمية "أبدية" نشأت فيها أكوان كثيرة من انفجارات كبيرة منفصلة، واتجهت إلى مناطق متباعدة من الزمكان. كما اقترح ألان جوث (Alan Guth) ولي سمولين (Lee Smolin) – من منظورين مختلفين –

إمكانية أن ينشأ كون جديد داخل ثقب أسود، ويتوسع إلى نطاق جديد في المكان والزمان، لا يمكننا الوصول إليه. وتخمّن ليزا راندال (Lisa Randall) ورامان سوندروم (Raman Sundrum) أن أكوانا أخرى يمكن أن توجد منفصلة عنا في بُعد خارج مكانيّ (extraspatial)، وهذه الأكوان المتباعدة ربما تتفاعل تجاذبياً، أو ربما لا يكون لها أثر من أي نوع على بعضها بعض. ففي القياس الدّارج الذي يُستخدم فيه سطح بالونة لتصوير كون ثنائي الأبعاد مدمج في مكاننا ثلاثي الأبعاد، نجد أن هذه الأكوان الأخرى ممثلة في أسطح البالونات الأخرى. فأي حشرة زاحفة على أحد هذه الأسطح - دون إدراك بعدٍ ثالث – لن تكون على دراية بنظيراتها الزاحفة على أسطح البالونات الأخريات، وستكون الأكوانُ الأخرى مناطق مكانية وزمانية منفصلة. بل إنه لا يمكننا أن نقول – بشكل معقول – ما إذا كانت هذه الأكوان وجدت قبل كوننا أو بعده أو جنبا إلى جنب معه؛ لأن هذه المفاهيم لا تبدو معقولة إلا بقدر استطاعتنا فرض مقياس زمني موحد يطبّق على الأكوان كافة.

بل إن ألان جوث (Alan Guth) وإدوارد هاريسون (Edward Harrison) خمّنا أنه يمكن صناعة أكوان في المختبر بالتفجير الداخلي لكتلة من المادة لصنع ثقب أسود صغير. ولعلّ كوننا بأكمله عبارة عن نتيجة تجربةٍ ما في كون آخر؟ يخمّن سمولين أن الكون الابن ربما يخضع لقوانين تحمل بصمة القوانين السائدة في كونه الأم. فإذا كان الحال كذلك، يمكن إحياء "حُجج التصميم" (argument from design) اللاهوتية في ثوب جديد، مما يزيد من محو الحد الوهمي بين الظواهر الطبيعية و"الخارقة للطبيعة".

تُطرح أيضا فكرة الأكوان الموازية كحل لبعض متناقضات ميكانيكا الكم، وذلك في نظرية "العوالم المتعددة" التي اقترحها أول من اقترحها هيو إفيريت (Hugh Everett) وجون ويلر (John Wheeler) في خمسينيات القرن العشرين. وقد تصور هذا المفهوم من قبل رائدُ الخيال العلمي صاحب الرؤية أولاف ستابلدون (Olaf Stapledon) كواحد من إبداعاته الأكثر تعقيدا في روايته "صانع النجوم" (Star Maker):

كلما ووجه مخلوق بعدّة مسارات ممكنة، سار فيها جميعاً، ليصنع بذلك كثيرا من ... تواريخ الكون المختلفة. وبما أنه كان هناك مخلوقات كثيرة في كل تسلسل من تسلسلات الكون النشوئية تواجه كل منها - دوماً - مسارات ممكنة عديدة، وكانت التوليفات التي تضم جميع المسارات لا تعدّ ولا تحصى، فإن عددا لا نهاية له من الأكوان المختلفة ينسلخ كل لحظة من كل تسلسل زمنيّ.

لم يتم اختلاق أي من هذه السيناريوهات من فراغ، بل إن لكل واحد منها دوافعه النظرية الجادة، وإن كانت تخمينية، ولكن ليس هناك إلا واحدا منها فقط على أقصى تقدير يمكنه أن

يكون صحيحا، بل ومن الجائز تماما ألا يكون أي منها صحيحا، فهناك نظريات بديلة من شأنها أن تفضي إلى مجرد كون واحد.

يتطلب تأكيد أي من هذه الأفكار نظريةً تصف على نحو متسّق الفيزياء المتطرفة للبداية ذاتها، وذلك حينما ضُغط كوننا الحالي فصار صغيرا جدا بحيث يمكن للتقلبات الكمية أن ترجّه. بمعنى آخر، توفّق هذه النظرية بين نظرية الجاذبية (النسبية العامة) لأينشتاين ومبدأ الكم الذي يحكم العالم المصغر للجزيئات دون الذرية.

أمضى أينشتاين نفسه السنوات الثلاثين الأخيرة من عمره باحثا عن هذه النظرية الموحدة دون جدوى، حتى قال منتقدوه القساة: إنه "كان يجدر به أن يمارس صيد السمك طيلة نصف عمره الأخير". والآن يمكننا أن نرى أن بحثه كان سابقاً لأوانه؛ لأنه لم يكن على علم بالقوى النووية والضعيفة التي كان يتعين على أي نظرية من هذا القبيل أن تتضمنها هي والكهرومغناطيسية. ومن المحتمل أن تطرح النظريات الموحدة تحديا أكثر واقعية في القرن الحادي والعشرين مما كانت عليه في أي وقت سبق في القرن العشرين، ويبدو أن الوقت قد حان الآن لهجوم واقعي عليها. ولكن الاتّساق ليس كافياً، بل يجب أن تكون هناك أسس للثقة بأن أي نظرية موحدة ليس مجرد بنية رياضية، تنطبق على الواقع الخارجي. وسوف نطور مثل هذه الثقة إذا فسرت النظرية أشياء يمكننا مشاهدتها، ولا يمكن تفسيرها بغير ذلك، مثل الرابط بين القوتين النووية والكهربية والجاذبية، أو سبب وجود ثلاثة أنواع من النيوترينوات. وفي العقود المقبلة، يمكن تماماً أن يطور الفيزيائيون مثل هذه النظرية، ولو حدث ذلك، فستكون نهاية بحث عقلي بدأ قبل نيوتن واستمر في زمن ماكسويل واينشتاين وخلَفِهم. ولكن سيشيرني أكثر لو أنها قدمت رؤية ثاقبة حول سبب اتسام كوننا ببعض الملامح التي تبدو لبعض منا مفاجئة.

كوننا المميّز المحب للحياة

لو أن هناك كائنات فضائية في كوننا، فهي - ربما - تفهم و«تغلّف» جوانب الواقع بطريقة مختلفة تماما عن الطريقة التي تفعل بها عقولنا ذلك، ولكن إذا حدث في أي وقت أن حققنا اتصالا، فإننا سنضمن مصلحة واحدة مشتركة. وسوف تكون هذه الكائنات مخلوقة من ذرات مماثلة، وستخضع للقوانين الفيزيائية نفسها. فإذا كان لها عيون، ولديها سموات صافية، فإنها ستحدق في مشهد النجوم والمجرات ذاته كما نفعل نحن. فجميعنا ترجع نشأته إلى أصل واحد، هو انفجار كبير حدث منذ حوالي 13 مليار سنة.

ولكن وجودنا ووجود الكائنات الفضائية - إن وُجدت - يعتمد على تميز كوننا نوعا ما. فأي كون ملائم للحياة، أو ما يمكننا تسميته كوناً محباً للحياة، يجب فيما يبدو أن يتم تكييفه بطريقة معينة. فالشروط المسبقة لأي صورة من صور الحياة (نجوم مستقرة طويلة العمر، وذرات، مثل الكربون والأكسجين والسليكون، قادرة على التجمع في صورة جزيئات معقدة، إلخ) حساسة للقوانين الفيزيائية، ولحجم الكون، ومعدل اتساعه، ومحتوياته. ولو كانت الوصفة التي أُعدت زمن الانفجار الكبير مختلفة ولو بدرجة طفيفة، ما كنا لنُوجَد. فكثير من الوصفات تؤدي إلى أكوان مجهضة لا تحتوي على ذرات ولا كيمياء ولا كواكب، أو إلى أكوان قصيرة العمر أو فارغة على نحو لا يسمح لأي شيء بالنشوء والتطور إلى ما هو أبعد من التماثل العقيم. وهذه الوصفة المميزة تبدو لغزاً أساسياً.

ثمة سؤال عويص أقلق أينشتاين مفاده: «هل كان لله أي اختيار في خلق العالم؟»، إذْ كان هذا العالِم يتأمل بلغة شعرية ما إذا كانت القوانين التي تحكم كوننا فريدة من نوعها لسبب رياضي غامضٍ ما، أم يمكن أن تكون الوصفة مختلفة اختلافاً تاماً. فلو أن كوننا هو النتيجة الفريدة لنظرية أساسية، لكان علينا أن نتقبل التكيّف المحب للحياة كحقيقة عمياء. من ناحية أخرى، إذا كانت الإجابة على سؤال أينشتاين بنعم، إذن فالقوانين الأساسية يمكن أن تكون أكثر تساهلا، بحيث تسمح بكثير من الوصفات التي تؤدي إلى أنواع كثيرة مختلفة من الأكوان. وقتها ستكون الأكوان المتعددة جميعها محكومة بمجموعة من المبادئ الأساسية، وتكون القوانين التي نسميها قوانين الطبيعة أو على الأقل بعضها ليست أكثر من قوانين محلية ونتاج مصادفات بيئية في اللحظة الأولى بعد الانفجار الكبير الخاص بنا.

على سبيل القياس، تأمل مجموعة من الرقائق الثلجية، تجد شيئا واحدا مشتركا بينها جميعا وهو التماثل السداسي الشكل نتيجة لشكل جزيئات الماء التي تتكون منها الرقيقة. ولكن يصعب أن تجد رقيقتين متطابقتين. فكل رقيقة لها نمط يعتمد على تاريخها المميز، أي: كيف تغيرت درجة الحرارة والضغط المحيطين عند سقوطها من السحابة التي تشكلت فيها، وبالتفصيل. بالمثل يمكن أن تكون بعض خصائص كوننا نتاج اتفاقية ترتبت على الكيفية التي برد بها بعد الانفجار الكبير مثلما تتمغنط قطعة حديد ساخنة لدرجة الاحمرار عندما تبرد، ولكن في وضع ربما يعتمد على عوامل اتفاقية بدلاً من كونها تشكّلت على مستوى أساسي أكثر عمقا يسود في عموم الأكوان المتعددة. ولو توصل الفيزيائيون إلى نظرية أساسية مقنعة، فينبغي أن تحدد لنا أيّ جوانب الطبيعة نتائجٌ مباشرة لنظرية الصخرة الأم (bedrock theory) (تماماً كما أن

القالب التماثلي للرقائق الجليدية مردّه إلى البنية الأساسية لجزيء الماء) وأيها (مثل النمط المميز لرقيقة جليدية معينة) هو نتيجة المصادفات.

إذا كان هناك ـ فعلاً ـ طاقم من الأكوان (التوصل إلى نظرية قادرة على وصف بداية انفجارنا الكبير ربما تحسم هذه القضية أيضا)، إذن فمعظم الأكوان سيكون عقيماً تحكمه قوانين تحول دون وجود بنىً معقدة، أو يكون من الصغر أو قصر العمر على نحو لا يتيح مكاناً وزماناً، ليقوم النشوء بعمله المتمثل في إنتاج الصورة المعقدة، ولوجدنا أنفسنا نحن والكائنات الفضائية التي ربما تكون موجودة في واحدة من المجموعات الفرعية الصغيرة اللانمطية التي تحكمها قوانين تسمح بالنشوء المعقد. إن خصائص كوننا التي تبدو "مقصودة" ينبغي ألا تفاجئنا كما لا يفاجئنا موقعنا المحدد في كوننا. وينبغي ألا نأخذ "مبدأ الرداءة" (principle of mediocrity) لكوبرنيكس أبعد مما ينبغي. نجد أنفسنا على كوكب له غلاف جوي ويدور في فلك نجمه الأم على مسافة معينة، ومع ذلك فإن هذا مكان مميز جداً ولا نمطي. فأي موقع يختار اعتباطاً في الفضاء سيكون بعيداً عن أي نجم، والحقيقة أنه سيكون على الأرجح في مكان ما في فجوة بين المجرات على مبعدة ملايين السنوات الضوئية من أقرب مجرة إليه. ولو أن هناك أكواناً كثيرة، معظمها غير مأهول، فينبغي ألا نفاجأ بأن نجد أنفسنا في أحد تلك الأكوان.

ربما نتوصل يوماً ما إلى نظرية مقنعة تقول لنا ما إذا كانت هناك أكوان متعددة أم لا، وإذا ما كان بعض ما يُسمّى قوانين الطبيعة مجرد قوانين داخلية محدودة في رقعتنا الكونية. حتى قبل أن نتوصل إلى مثل هذه النظرية، يمكننا اختبار ملاءمة "الانتخاب الإنساني" بطرح سؤال عمّ إذا كان كوننا الفعلي نموذجا للمجموعة الفرعية التي يمكن أن نكون نشأنا فيها. فإذا كان عضوا لانمطي بالمرة حتى في هذه المجموعة الفرعية لا في مجموعة الأكوان المتعددة بكاملها فحسب، فسوف يتعين علينا التخلي عن فرضية الأكوان المتعددة. كمثال آخر على الكيفية التي يمكن بها اختبار نظريات الأكوان المتعددة، تأمل تخمين سمولين أن أكوانا جديدة تولد داخل الثقوب السوداء، وأن القوانين الفيزيائية في الكون الابن تحتفظ بذاكرة، تضم القوانين الخاصة بالكون الأم، كما لو أن هناك نوعا من الوراثة الكونية. ولو كان سمولين على صواب، فإن الأكوان التي تُنتج كثيرا من الثقوب السوداء ستكون لديها ميزة تكاثرية يرثها الجيل التالي. وينبغي إذن أن يكون كوننا إذ كان نتيجة لهذه العملية شبه مثالي في نزوعه إلى تكوين ثقوب سوداء، من حيث إن أي تعديل طفيف للقوانين والثوابت سيجعل من تكون الثقوب السوداء أمرا أقل احتمالا. إن مفهوم سمولين لا تدعمه بعد أية نظرية مفصلة حول الكيفية التي يمكن بها بث أي معلومة فيزيائية أو حتى سهم زمني من

كون إلى آخر. أنا شخصيا لا يحدوني إلا أمل قليل في بقائه، وإن كان سمولين يستحق منا الشكر على توفيره برهانا على أن نظرية الأكوان المتعددة يمكنها من حيث المبدأ أن تكون قابلة للدحض.

تظهر هذه الأمثلة إمكانية تفنيد بعض المزاعم بشان الأكوان الأخرى، وهو ما ينبغي أن يكون حال أي فرضية جيدة في العلوم. فلا يمكننا أن نؤكد بثقة حدوث كثير من الانفجارات الكبيرة، وكل ما هنالك أننا لا نعرف ما يكفي عن مراحل كوننا الموغلة في القدم. كما أننا لا نعرف ما إذا كانت القوانين الأساسية متساهلة أم لا، ويمثل حسم هذه القضية تحديا أمام الفيزيائيين خلال السنوات الخمسين المقبلة. ولكن إذا كانت القوانين الأساسية متساهلة، بمعنى إذا كانت تسمح بخلق أنواع الأكوان كافة فإن ما يعرف بالتفسيرات البشرية التي تعلل وجود كوننا بصورته هذه ستكون صحيحة، والحقيقة أنها ستكون النوع الوحيد من التفسير الذي نحصل عليه مطلقاً لبعض الخصائص المهمة التي تميز كوننا، وعندها ستصبح أجزاءً من علم الكونيات مثل علم الأحياء النشوئي.

ما أطلقنا عليه تقليديا اسم الكون، ربما هو نتاج انفجار كبير واحد ضمن أكوان أخرى عديدة، وبعبارة أكثر دقة يمكن القول إن مجموعتنا الشمسية مجرد مجموعة واحدة من بين أنظمة كوكبية كثيرة في المجرة. فكما أن نمط البلورات الثلجية على بركة متجمدة مصادفة تاريخية، وليس نتيجة خاصية أساسية من خواص الماء، كذلك بعض ثوابت الطبيعة الظاهرية ربما تكون تفاصيل اعتباطية، وليست مُعرّفة تعريفاً فريداً بواسطة النظرية الأساسية. إذن فالبحث عن صيغ دقيقة لما نسميه عادةً ثوابت الطبيعة ربما يكون عقيماً وضالاً كما كان بحث كبلر عن الأهمية الخفية للأعداد المتعلقة بمدارات الكواكب، وتصبح مسألة الأكوان الأخرى جزءا من الأحاديث العلمية، كما كانت "العوالم الأخرى" كذلك لقرون. ومع ذلك - وهنا ينبغي أن يخلي العلماء الساحة بكل سرور للفلاسفة - فإن أي فهم للسبب في وجود أي شيء (سبب وجود كون أو أكوان متعددة بدلا من لا شيء) يظل ضمن حقل ما وراء الطبيعة، وسوف يظل دائما كذلك يقينا.

سير مارتن ريز (Sir Martin Rees): أستاذ بالجمعية الملكية في كينجز كوليدج بجامعة كيمبريدج، وأستاذ سابق لكرسي بلوم للفلك والفلسفة التجريبية بجامعة كيمبريدج الذي انتخب له، وهو في عمر الثلاثين خلفا لفريد هويل. ابتكر كثيراً من الأفكار الكونية الأساسية، فعلى سبيل المثال كان أول من اقترح أن قلوب أشباه النجوم التي تحتوي على طاقة هائلة ربما تستمد طاقتها من ثقوب سوداء عملاقة. تولى على مدى السنوات العشرين الماضية إدارة برنامج

بحثي متنوع فـي معهد الفلك في كيمبريدج. له مؤلفات عديدة منها "الجاذبية القاتلة للجاذبية الأرضية" (Gravity's Fatal Attraction) بالاشتراك مع ميتشل بيجلمان، و"منظورات جديدة فـي الفيزياء الفلكية" (New Perspectives in Astrophysical Astronomy)، و"قبل البداية: كوننا وغيره" (Before the Beginning: Our Universe and Others)، و"ستة أرقام فحسب: القوى الغامضة التي تشكل الكون" (Just Six Numbers: The Deep Forces That Shape the Universe)، وآخرها "موطننا الكوني" (Our Cosmic Habitat).

إيان ستيوارت

رياضيات سنة 2050

ربما يكون علم الرياضيات العلمَ الوحيدَ بين سائر العلوم الذي ظل دون انقطاع طوال تاريخه، ولا ينافسه في ذلك إلا علم الفلك، فكلاهما يرجع في تاريخه إلى عصر البابليين القدماء، وقد حافظت الاكتشافات التي تحققت في هذين العلمين وقتئذٍ على أهميتهما حتى يومنا هذا. وكما أن علم الفلك قائم على اكتشافات الماضي، فإن الرياضيات حالها كذلك. وتمثل مشاهدات (observation) العالم الحقيقي أساس علم الفلك، أما الرياضيات فهي مركّب اجتماعي مشترك من الأفكار. وهي كذلك القوة المحركة لعلم الفلك، أما الرياضيات فوُلِد من رحم محاولات نمذجة (modeling) العالم الحقيقي، وذلك لعدّ الأيام المنقضية، وقياس مساحات الحقول، وحساب الضرائب المستحقة للملك.

شهد علم الفلك ثورات أطيح فيها بأفكار قديمة لتحل محلها أفكار جديدة مختلفة اختلافا جذريا. ففي 1877 مثلا، رصد الفلكي الإيطالي جيوفاني إسكياباريلّي (Giovanni Schiaparelli) ممرات على المريخ، وسرعان ما أدى الخطأ في ترجمة هذه الملاحظة على أنها قنوات إلى اعتقاد شائع - حتى بين الفلكيين - بأن المريخ كوكب مأهول بكائنات ذكية. أما الآن فلدينا معلومات أدق. وقيل كثيراً إن الرياضيات لا يمكنها أن تشهد أية ثورة؛ لأن طبيعة الحقيقة الرياضية لا تتغير. ولكن المواقف البشرية تتغير، وإحدى كبرى الثورات في علم الرياضيات المراجعة الشاملة لمفهوم "الحقيقة" (truth) الرياضية. فبفضل كورت جوديل (Kurt GÖdel)، وألان تورنج (Alan Turning) ندرك الآن أن الحقيقة الرياضية نفسها ليست مطلقة.

ستشهد السنوات الخمسون المقبلة العديد من الثورات الكبرى في الرياضيات، بعضها في الطريق فعلا، كالتأثير المتزايد للكمبيوتر، والتحديات الجديدة التي تطرحها العلوم البيولوجية

والقطاع المالي. وستكون هناك أخريات، ولكن التنبؤ الوحيد المأمون هو أن كثيرا منها سيكون من النوع الذي لا يمكن التنبؤ به. فالعديد من المعلقين تنبئوا بتغيّر في فكرة البرهان ذاتها، وهو المفهوم المحوري للرياضيات. ويقول بعضهم إن الكمبيوتر سيتمخض عن مراجعة أصولية لمفهوم البرهان، ويقول آخرون إن المفهوم سيندثر تماما. وكلا هذين الرأيين يستند إلى سوء فهم للاتجاهات الحالية. فالبراهين في الرياضيات بديل للمشاهدات والتجارب في بقية العلوم، بمعنى أنها الوسيلة التي يتجنب بواسطتها ممارسوها الانحراف عن غاياتهم بفعل ذكائهم، وتصديقَ أشياء على أنها حقيقية؛ لأن البشر يودون أن تكون حقيقية. فلا يغني الكمبيوتر عن الحاجة إلى البرهان أكثر مما يغني الميكروسكوب عن الحاجة إلى التجربة في علم الأحياء. وكما نرى في هذا التشبيه الأحيائي، فإن الكمبيوتر غيّر طرق البرهان وحسّنها، ولكنه لم يبدّل الفلسفة الأساسية، وهي أن البرهان قصة مترابطة منطقية تستنبط مبرهَنات من أخرى موجودة بأسلوب يمكنه أن يصمد لأدق التمحيص من جانب الخبراء المتشككين. وسوف يبقى مفهوم البرهان والاعتقاد ضرورياً للمؤسسة الرياضية خلال الخمسين سنة المقبلة دون مساس.

تستمد الرياضيات قوتها من ائتلاف مصدرين مختلفين، أحدهما "العالم الحقيقي" (real world). فقد علّمنا كبلر وجاليليو ونيوتن وآخرون أن كثيرا من جوانب الكون الخارجي يمكن فهمها باعتبارها نتاج قواعد رياضية بسيطة، وإن كانت مراوغة، هي "قوانين الطبيعة". ومن حين لآخر يراجع الفيزيائيون صياغاتهم لهذه القوانين. فالميكانيكا النيوتنية تفسح الطريق لميكانيكا الكمّ والنسبية العامة، وميكانيكا الكمّ تفسح الطريق لنظرية المجال الكمّي (quantum field theory). كما تشير الجاذبية الكمية (quantum gravity) والأوتار الفائقة (superstrings) في اتجاه مراجعة مستقبلية. فمشكلات العالم الحقيقي تدفع إلى ابتكار رياضيات جديدة، والرياضيات عادة ما تبقى، وتستمر أهميتها حتى عندما تتغير النظرية التي تمخضت عنها.

أما المصدر الثاني للرياضيات فهو الخيال البشري، أو ممارسة الرياضيات لأجل الرياضيات. إن الطريق من العالم الحقيقي إلى فرع رياضي مكتمل النمو مليء بالصعاب، ومن المفيد القيام بقدر معين من الاستكشاف. وهكذا من حين لآخر، يحيد الرواد الجسورون عن الطريق الحالي بحثا عن رؤاهم الخاصة، ويعودون بعد اكتشاف مسار أفضل بكثير. إن قيمة الاستكشافات واضحة بالنسبة لهؤلاء الرواد؛ لأنها هي التي تحركهم، ولا تحتاج إلى تبرير أكثر من أهميتها في حد ذاتها.

عادة ما يشار إلى هذين الأسلوبين باسم الرياضيات التطبيقية والرياضيات البحتة، وكلاهما وصف غير دقيق، وكلاهما يفضي إلى مفاهيم خاطئة. فكثير من مجالات الرياضيات "التطبيقية" لا يطبق فعلا على أي شيء حقيقي، كما تشير بحتية الرياضيات "البحتة" إلى طرقها لا إلى ازدراء قيمتها العملية. ولكن المصطلحين يعبّران عن حافّتي طيف من الأساليب الرياضية، بمعنى متصِّلٍ يصل بين حتميات العالم الخارجي ولغز الخيال البشري. وهذا المتصل، ومرور الأفكار عبره من كلا الجانبين، هو الذي يمد الرياضيات بقوتها. إننا بحاجة إلى كلا الأسلوبين إذا كنا نريد تحقيق أي تقدم، ومن الحماقة أن نؤكد تفوق أحد منهما.

منذ مائة سنة كان معظم الرياضيين يستوعبون هذا المتصل بكامله، وبعدها بخمسين سنة، صار المتصل أكبر من أن يقدر عقل واحد على استيعابه، لذا اتجه الأفراد إلى التخصص، مما أدى إلى تجزئة هذا العلم كما هو واضح. انفصل أهل الرياضيات البحتة وأهل الرياضيات التطبيقية وصارا معسكرين لكلٍّ فلسفته المختلفة، فاختلفا على الأصول، وعلى الحاجة إلى برهان، وعلى الطرق، وعلى أيّ المسائل مهم وأيها غير ذلك. صارا طائفتين متباعدتين تتبعان كنيسةً كانت ذات يوم شاملة واسعة. ولكن مع مطلع الألفية انعكست هذه النزعة الانتحارية. فالطرق المستمدة من الرياضة البحتة نفخت روحاً جديدة في الرياضيات التطبيقية، والمسائلُ التي كانت تثور في التطبيقات حفزت تطوراتٍ جديدة في الرياضيات البحتة، فبدأ يتلاشى الخط الفاصل، الذي كان مرده - دائماً - إلى الأيديولوجية أكثر منه إلى الواقع. وخلال السنوات الخمسين المقبلة، سيتسارع هذا الاتجاه نحو مزيد من الوحدة، وسرعان ما سيكون لدينا مجرد رياضيين دون توصيف مقيِّد، ونزاعات طائفية. سيظل هناك متخصصون، ولكن تخصصاتهم ستجمع بين المنطق المجرد والتأكيد المفاهيمي الخاصّين بالرياضيات البحتة وبين الاهتمامات الملموسة التي تميز الرياضيات التطبيقية. سنكون جميعا رياضيين، وكلنا جزء من هذا المسعى النبيل نفسه، ندلي بدلائنا، كلٌّ في مساحته الصغيرة التي تنتمي إلى "رأس المال الثقافي" الجماعي الخاص بالفكر الرياضي. سنكون على علم برفاقنا الذين يدلون بدلائهم كلٌّ في نطاقه، شاكرين لهم وجودهم، ومحترِمين أنشطتهم باعتبارها إسهامات فعالة نحو توسيع الكل الذي ننتمي إليه.

من بين التنبؤات التي يمكننا الإعلان عنها بثقة فيما يخص السنوات الخمسين المقبلة هو أننا سنرى تقدم هائل. فعصر الرياضيات الذهبي ليس اليونان القديمة ولا إيطاليا النهضة ولا إنجلترا نيوتن، بل الآن. وبعد خمسين سنة، سيظل أيضا الآن. يؤكد هذه المقولةَ التقدمُ المتحقق في مسائل كبرى غير محلولة، والأسئلةُ التي طرحت منذ مئات السنوات، واستمرت تحيّر أعظم

العقول حتى جاء يوم عُثر فيه على مدخل، فطُبّقت فكرةٌ جديدة، وحُلت المسألة. أشهر مثال على ذلك في العصر الحديث برهانُ أندرو وايلز (Andrew Wiles) لنظرية فيرمات الأخيرة (Fermat's last theorem). فحوالي سنة 1637 دوّن بيير دي فيرمات (Pierre de Fermat) في هامش نسخته الخاصة من كتاب "الحساب" (Arithmetica) لديوفانتوس (Diophantus)، أنه من المستحيل أن يكون مكعّبٌ مجموعَ مكعبين، ولا عددٌ مرفوعٌ للقوة الرابعة مجموعَ عددين مرفوعين للقوة الرابعة. وقد استعصى برهان هذه النظرية على المحاولات كافّة حتى عام 1995، عندما حقق وايلز "ضربة معلّم" من أعظم ما شهدته الرياضيات في القرن العشرين، إذ تضمن حلّه طريقة جديدة، وذلك بتفسير عبارة فيرمات إلى مقولة أوسع حول "المنحنيات الإهليلجيّة" التي تشكل مجالاً مختلفاً من مجالات نظرية الأعداد، ثم الحمل على السؤال الناتج بكل ما لديه من أسلحة حديثة.

تعدّ فرضية ريمان (Riemann hyposesis)، التي صاغها أول من صاغها جورج بيرنهارد ريمان (George Bernhard Riemann)، أشهر المسائل المستعصية على الحل في وقتنا هذا، وهي مسألة فنية إلى حد ما في التحليل المعقد، وسوف يلقي حلُّها المخمَّن قدرا كبيرا من الضوء على الأعداد الأولية، ونظرية الأعداد الجبرية، والهندسة الجبرية وحتى الديناميكا. وقد ظهرت في السنوات الأخيرة روابط مثيرة بينها وبين الفيزياء الكمّيّة. سأجازف، وأتنبأ بأن فرضية ريمان سيتم إثباتها بحلول سنة 2050، وسوف يتبين أن الحل المتوقع صحيح، وأن الروابط التي تربطها بالفيزياء ستلعب دوراً كبيراً في البرهان. ولكني من باب الاحتياط أتنبأ بأن طريقة الحل النهائية لن تستند إلى الروابط الحالية بالفيزياء، بل على صلة لم تخطر ببال أحد حتى اليوم.

وضع ديفيد هيلبرت (David Hilbert) - شيخ الرياضيين في عصره - سنة 1900 ثلاثاً وعشرين مسألة مهمة ليتم حلها مستقبلاً، وتم حسم معظمها الآن، ولكن فرضية ريمان لم تحسم بعد. وقد عرض معهد كلاي للرياضيات (Clay Mathematics Institute) في كيمبريدج بولاية ماساتشوسيتس سنة 2000 سبع جوائز، قيمةُ الواحدة منها مليون دولار أمريكي، تمنح لمن يجد حلولاً لسبع مسائل رياضية عسيرة مستعصية على الحل، إحداها فرضية ريمان، أما المسائل الأخرى فكانت حدسية بوانكاريه (Poincaré Conjecture) في الطوبولوجيا، ومسألة (P=NP) في علوم الكمبيوتر النظرية، وحدسية هودج (Hodge conjecture) وحدسية بيرتش / سوينرتون-داير (Birch/Swinnerton-Dyer conjecture) في الهندسة الجبرية، ووجود - أو عدم وجود - حلول لمعادلات نافيير-ستوكس (Navier-Stokes

equations) في ديناميكا الموائع اللزجة، وبرهان "فرضية الفجوة في الكتل" (mass gap hypothesis) في نظرية مجال الكم. أظن أنه بحلول سنة 2050 ستزيد معرفتنا بهذه المسائل السبعة، وستزودنا بنتائج متفاوتة. أما تخميني فهو أن حدسية بوانكاريه ستبقى غير محسومة، وسيُثبت رسميا عدم إمكانية حسم مسألة (P=NP)، وستدحض حدسية هودج، وتُثبت حدسية بيرتش / سوينرتون-داير، ويتبين أن معادلات نافيير- ستوكس لا حلّ لها، وتُحسم فرضية الفجوة في الكتل، ولكن اهتمام علماء الفيزياء بها سوف يتلاشى.

إن عرض جوائز بقيمة سبعة ملايين دولار لن يحوّل علماء الرياضيات إلى طرق جديدة، ولن يؤدي ذلك إلى أي شيء على كل حال؛ لأن الجوائز النقدية على وجه الخصوص لا تجذب الرياضيين، خلافا لاختصاصيي علم الأحياء الجزيئي. ولكن عرضها سيحقق هدفه بأن يبيّن للعالم الخارجي مدى أهمية هذه المسائل السبع، وبالتالي أهمية علم الرياضيات بوجه عام. وأود أن أتنبأ بأن هذه الرسالة ستصل إلى وكالات التمويل الحكومية التي ستدرك أخيرا أن صرف مليار دولار على الرياضيات سيحدث تحوّلا جوهريا أكبر في الوجود البشري، ويعطي أثرا أكثر إيجابية مما لو صرف المبلغ ذاته على بعض القطع لمسرّع جسيمات جديد، أو حتى برنامج ضخم لجمع البصمات البيولوجية. أنا أود ذلك، لكني لن أفعل.

تتعلق مسألة (P=NP) بالكمبيوترات، ولكنها لن تحل بواسطة الكمبيوتر، فهي تحتاج إلى فكرة عتيقة جيدة، ولن تقدم الكمبيوترات مساعدة بشأن هذه المسألة بالذات حتى بطريقة تفسيرية، غير أن استخدامها سوف يلعب دوراً آخر، ستتزايد أهميته في تعريف الرياضيين بالحدسيات الممكنة التي سيبحثون لها عندئذ عن براهين. كذلك فإن الكمبيوترات ستلعب دوراً مركزياً في براهين كثيرة، وهو اتجاه بدأ يشق طريقه، إذ يمكنها أي الكمبيوترات، ومن خلال برمجة مناسبة أن تكون أكثر من مجرد مطحنة أرقام، كما كانت حالها في ستينيات القرن العشرين. لقد بدأ استخدامها - فعلاً - على نحو دقيقٍ منطقياً في "المساعدة" على إثبات المبرهنات. وأحسن مثال معروف على ذلك هو البرهان الذي قدمه كينيث أبل (Kenneth Appel)، وولفجانج هيكن (Wolfgang Haken) سنة 1976 لمبرهنة الألوان الأربعة (four-color theorem) التي صاغها فرانسيس غوتري (Francis Guthrie) سنة 1852 وتنص على أنه يمكن لأي مستوٍ مقسّم إلى عدّة مناطق أن يُلّون بأربعة ألوان فقط على أكثر تقدير، بحيث لا تُلون منطقتان متجاورتان باللون ذاته. كان الجزء المفاهيمي من البرهان يتمثل في اختزال المبرهنة إلى مجرد عملية روتينية للتحقق من وجود خاصية رياضية معينة في حوالي ألفيّ خريطة خاصة، وُضعت

دون مساعدة الكمبيوتر. ثم قام الكمبيوتر بعدئذ بالعمليات الحسابية الضرورية للتأكد من أن الأمر كذلك.

يحتج بعض الفلاسفة بأن بعض البراهين التي تتم بمساعدة الكمبيوتر مختلفة نوعيا عن البراهين التقليدية، بسبب عدم إمكانية تدقيق العمليات الحسابية من قبل إنسانٍ لا يملك الأدوات المساعدة. بيد أنه يمكننا التساؤل عن سبب استخدام التدقيق البشري في المقام الأول. المقصود أن الأهمية تكمن في التدقيق لا في من يدقّق.

كان الناس في الماضي يدققون لعدم وجود البديل، ولكن ليس من الواجب أن يكون المدققون أشخاصا في المستقبل. فالمعايير الرئيسة هي ضرورة أن تكون الجهة المدققة جديرة بالثقة، وأن يتمكن من لا يثق بها من الرجوع إلى جهات مستقلة قادرة على القيام بتدقيق مستقل. ولكن مادامت هذه الشروط مستوفاة، فإن قرار الآلة يظل مساويا في صحته لقرار الإنسان. ويتوقع معظم الرياضيين أن يرتكب الكمبيوتر أخطاء تحسيبية (computation) أو منطقية أقل مما يرتكبه البشر عندما يتعلق الأمر بالعمليات الحسابية الروتينية المملة. في الحقيقة أن تاريخ مبرهنة الألوان الأربعة مليء بالأخطاء البشرية. ما يهمّ هو منطق برنامج الكمبيوتر، وما إذا كان هذا الكمبيوتر يعمل فعلا كما أراده مصمموه، وهما أمران يمكن التأكد منهما بشكل مستقل. ومازال الإنسان ينجز بنفسه الجزء الخاص بـ"التفكير" من العمل، بمعنى إعادة صياغة المسألة بصورة تختزلها إلى قائمة هائلة - وإن كانت روتينية — بالعمليات الحسابية، وبعدئذ لا يختلف استخدام الكمبيوتر من الناحية الفلسفية عن استخدام الجداول الرياضية كوسيلة حساب مساعدة.

سوف يتأصل في رياضيات سنة 2050 هذا الميل إلى استخدام الكمبيوترات كمساعدات تفسيرية وفي البراهين، وهو ما يشبه استخدام الميكروسكوبات النفقية الماسحة (scanning tunneling microscope) وأجهزة السَّلْسَلة الوراثية من قبل علماء الأحياء. ولسوف توجد أنظمة "لاواقع افتراضي" (virtual unreality) مما يمكّن الرياضيين من "زيارة" بنًى مفاهيمية مجردة مثل الهندسات اللاإقليدية أو سلاسل الأعداد الأولية العملاقة والتحكم بها كما يريدون دون جهد يذكر، تماما كما نستخدم نحن اليوم الآلات الحاسبة في الأعمال الحسابية. ويتم الآن بالفعل تجميع مكونات اللاواقع الافتراضي، وسرعان ما ستصبح وحدة واحدة. وسوف تحفز احتياجات مهندسي البرمجيات تطورات جديدة في "الرياضيات المتناهية" (finite mathematics). إن التفاعل العرضي غير المستقر بين الرياضيات المتناهية والهندسة سوف يتطور إلى علاقة وثيقة تنشأ من خلال العلاقة بين تصميم الدائرة والدالة المنطقية.

على عهد نيوتن كان علما الفلك والميكانيكا (العلوم الطبيعية) المصدرين الخارجيين للمسائل الرياضية. أما بحلول 2050 فسوف يرتبط مزيد من العلوم الدخيلة بالرياضيات بالطريقة ذاتها، ومن بينها فيزياء الكم، وهي بالفعل ذات صبغة رياضية قوية. واليوم بدأت تتكشف حلقات جديدة مفاجئة بين نظريات المجال الكمي والهندسة والطوبولوجيا والجبر، وسوف تتبعها كثيرات. فخلال خمسين سنة ستنشأ مجالات جبرية وطوبولوجية جديدة تماما بفعل البِنَى الجديدة المستلهمة من نظرية مجال الكم والأوتار الفائقة وما وراء ذلك. لقد استنبط رياضيو القرن التاسع عشر من الأعداد "الحقيقية" التقليدية أعدادا "مركبة" بحيث صار للعدد (1-) جذر تربيعي، وتبين أن هذه فكرة خصبة بشكل غير اعتيادي. وسرعان ما تم "تركيب" (complexification) نواحي الرياضيات كافة، حيث ابتكر نظيرٌ مركب لرياضيات الأعداد الحقيقية القديمة. وسوف يكون التكميم (quantization) نسخة القرن الحادي والعشرين من هذا "التركيب"، فيكون لدينا الجبر الكمي والطوبولوجيا الكمية ونظرية الأعداد الكمية.

أما ما سيكون أعظم أثراً وأكثر راديكالية بكثير فهي الرياضيات المستلهمة من العلوم الحيوية، وهي الرياضيات الحيوية. فبإفساح الإعلانات المكلّلة بالنجاح في مجال الجينوم البشري المجالَ أمام واقعية جديدة بشأن النتائج، اتضح أن مجرد سَلْسَلة الدي إن أيه (DNA sequencing) لا تأخذنا بعيدا في فهم الكائنات الحية أو حتى في مداواة الأمراض. هناك فجوات هائلة في فهمنا للرابط بين الجينات والكائنات الحية. ويكاد لا يبيّن لنا الجينوم المسَلْسل شيئا عن كيفية إدارة أنظمتنا البيئية مثل الشعاب المرجانية والغابات المطيرة. لقد دُحضت التنبؤات الواثقة بأن الجينوم البشري سيشتمل على مئة ألف جين، فهناك . فقط . أربعة وثلاثين ألفاً منها. إن "الخريطة" من الجينات إلى البروتينات أكثر تعقيداً مما هو متوقع بكثير، ولعلها ليست خريطة مطلقاً. والجينات جزء من عملية سيطرة ديناميكية لا تصنع البروتينات فحسب بل تعدلها وتضعها في مكانها الصحيح في أي كائنٍ حيّ نام في اللحظة المناسبة من تاريخ حياته. ويتطلب فهم هذه العملية أكثر من مجرد قائمة بشفراتٍ الدي إن أيه، ومعظم ما ينقصنا لابد أن يكون رياضياً. ولكنه سيكون نوعاً جديداً من الرياضيات يمزج ديناميات نمو الكائنات الحية بمعالجة المعلومات الجزيئية للدي إن أيه، الذي ستظل شفرته مهمة، وكل ما هنالك أنها ليست كل شيء. ستكون الرياضيات الحيوية الجديدة خليطا عجيبا جديدا من الرياضيات المتناهية والتحليل والهندسة والمعلوماتية، علاوة على كثير من علم الأحياء بالطبع.

ثمة قشة في مهب الريح في هذا الاتجاه هي سرعة نمو علم الأنظمة المعقدة، أي الأنظمة

التي تتشكل من أعداد كبيرة من مكونات بسيطة نسبياً "وكلاء" أو "كيانات" تتفاعل بطرق بسيطة. لقد تعلمنا أن البساطة الظاهرية خدّاعة، فهي تتمخض عن أنماط عالية المستوى أو "ظواهر ناشئة" (emergent phenomenon). فمن توصيلات (connectivity) خلايا المخ البشري يأتي الإدراك الواعي على سبيل المثال. وستكون لدينا بحلول سنة 2050 نظرية رياضية قوية حول الظواهر الناشئة والديناميكا عالية المستوى للأنظمة المعقدة، وستؤدي إلى مفاهيم لم تخطر على بال حتى الآن، ولكن ستؤدي أيضا إلى فهم جديد لمحدودية النمذجة (modeling) الرياضية في العلم. تُدرس الأنظمة المعقدة في الوقت الحاضر في مجالين هما علم الأحياء والمالية. فسوق الأوراق المالية، على سبيل المثال، فيها وكلاء كثيرون يتفاعلون مع بعضهم بعضا من خلال بيع الأسهم وشرائها، ومن هذا التفاعل تنبثق دنيا المال. وستحدث ثورة في الرياضيات التجارية والمالية من خلال التخلي عن النماذج "الخطية" الحالية وإدخال نماذج تعكس بنيتُها الرياضية العالمَ الحقيقي بدقة أكثر.

ولعل الأكثر إثارة أن الرياضيات سوف تغزو نواح جديدة في الأنشطة البشرية ككل، من علم اجتماع وفنون بل وسياسة، إلا أنها لن تُستخدم بالطريقة ذاتها التي تستخدم بها في الوقت الراهن في العلوم الطبيعية، إذ تُستخدم حالياً لبيان قوانين كمية، والتنبؤاتُ بشأن العالم الحقيقي هي في معظمها نتاج تحسيبات هائلة يصير فيها من المستحيل على العقل البشري أن يتابع الحلقة الرابطة بين القوانين والأنماط المحرزة. على سبيل المثال تتم نمذجة المسار الحلزوني الهائل للأعاصير من خلال كتابة معادلات لحركة مليارات المناطق الصغيرة جداً من الهواء الحار الرطب ثم إجراء حسابات هائلة لحل هذه المعادلات. ثمة مقاربة بديلة – مازالت اليوم في مراحلها الأولى – هي استنتاج المسار الحلزوني من خلال التركيب العام للمعادلات، أيّ تناظراتها على سبيل المثال. وسوف يحل نوع من "حساب تفاضل وتكامل المسارات الحلزونية" محل عمليات المعالجة اللامتناهية للأعداد. ويمكننا أن نأمل على وجه العموم أن نرى نشأة نظريةٍ سياقيةٍ نوعيةٍ لتشكيل الأنماط الديناميكية.

وفي الختام فإن الرياضيات سوف تساعدنا على فهم أنماط الكون من منظور هذه الأنماط ذاتها، وليس - فقط - من منظور مليارات الأرقام المتراقصة التي تنشأ عنها هذه الأنماط وكأنها ضرب من المعجزات.

إيان ستيوارت (Ian Stewart): حائز على جائزة فاراداي لسنة 1995 من الجمعية

الملكية البريطانية نظير إسهاماته المتميزة في تنمية الفهم الجماهيري للعلوم. نشرت له العديد من المقالات في الرياضيات في مجلات شهيرة مثل "ديسكفر" (Discover) و"نيو ساينتست" (New Scientist) و"ذا ساينسيز" (The Sciences).

ظل على مدى عشر سنوات يكتب عمود "ترفيه رياضي" (Mathematical Recreations) في مجلة "ساينتيفيك أميركان" (Scientific American)، ويعمل. أيضاً مستشارا للرياضيات في مجلة نيو ساينتست. شارك جاك كوهين في تأليف "انهيار الشواش" (The Collapse of Chaos) و"شذرات الحقيقة" (Fragments of Reality)، وألّف "هل يلعب الإله النرد» (Does God Play Dice?) و"التناظر المخيف" (Fearful Symmetry) و"من هنا إلى ما لا نهاية" (From Here to Infinity) و"أرقام الطبيعة" (Nature's Numbers) و"سر الحياة الآخر" (Life's Other Secret) و"الأرض الأكثر انبساطا" (Flatterland).

برايان جودوين

فــي ظل الثقافة

النظر إلى المستقبل في هذه اللحظة من التاريخ صعب، كما كان. بلا شك. صعباً سنة 1600. في ذلك الوقت كان النظام الإقطاعي الغربي قد تفكّك، باستثناء أنظمته الملكية، وكان النظام الإمبراطوري في الإمبراطورية الرومانية المقدسة ينحل تحت وطأة أثر مزدوج هو الدول الوطنية الناشئة والطوائف البروتستانتية، وفي العقود التالية ألقت حرب الثلاثين سنة بأوربا في غياهب عصر مظلم جديد. كان شكسبير يؤلف مسرحياته التي تمجد تعقيد الطبيعة البشرية وتنوّعها الملحوظين، في حين كان جاليليو يدحرج أسطواناته على مستويات مائلة، ويناضل لفهم حركات أقمار المشتري غير المنتظمة، وسرعان ما تؤدبه الكنيسة لادعائه - تأييد كوبرنيكوس - أن الأرض تدور فعلا حول الشمس، لا أنها تبدو كذلك من المنظور الرياضي وحده، فيتراجع عن أقواله وهو كاره.

أثنى فرانسيس بيكون على فضائل طريقة جاليليو لفهم الطبيعة، ولكن المقاربة العلمية نحو المعرفة كانت في الظل، حيث شكّل مذهب تراتبية الكائنات (hierarchy of beings) الذي تؤمن به الكنيسة، علاوة على النظرة السحرية للعالم التي نراها في أعمال شكسبير، الفهم السائد لنظام الأشياء ومكان الإنسانية في الكون. من كان يستطيع التنبؤ في غضون خمسين سنة، أن ما كان يحيا في الظل سنة 1600 سيصير أساس التوجه الثقافي الجديد الذي صرنا نعرفه باسم الحداثة (modernity)؟ قدمت طريقة جاليليو في الرصد والقياس والعلاقات الرياضية معرفة موثوقة بالطبيعة لثقافة كانت قد جُرّدت من كافة المسلمات بفعل تفتت الأنظمة المعرفية الأخرى، ودمار حرب الثلاثين سنة. وسرعان ما سيقنع إسحاق نيوتن — من خلال نظرياته حول حركة الكواكب التي تحل فيها الجاذبية محل الحبّ باعتبارها القوة التي تجعل العالم يدور — كافة المتشككين بأن العلم هو السبيل إلى الفهم.

وصلنا الآن إلى محطة ثقافية أخرى. فبالنظر إلى انتقال القرن السابع عشر غير المتوقع إلى العصر الحديث - الذي بدأنا نخرج منه الآن وندخل حقبة ثقافية أخرى - يبدو غير ذي جدوى أن نقترح ما ينتظرنا بعد خمسين سنة من الآن. ولكن هناك طريقة للاستعداد لغير المتوقع بحيث يتيسر الانتقال الملائم حتى وإن كنا لا نستطيع التنبؤ به، وهذا يتضمن فعل عكس ما تقترحه هذه المجموعة من المقالات. أقترح أن نبتعد بتركيزنا عن الخمسين سنة المقبلة لكي ندرس الحاضر، ونكتشفه كاملاً قدر المستطاع، ولا سيما الجوانب الموجودة في الظل والتي بدأت لتوها تخرج إلى النور. ربما عندئذ يكون ممكنا أن نتلمّس طريقنا إلى المستقبل الناشئ حتى وإن كنا لا نعلم إلى أين نتجه.

المنظور

ما يبرز بوضوح اليومَ هو التحالف القوي بين العلم والتكنولوجيا والأعمال، الذي أسفر عن ثقافة عالمية تستندٌ مبادئها الرئيسة إلى التنبؤ والسيطرة والابتكار والإدارة والتوسع. أما مرتكز هذه المبادئ فهو العقلانية والقوة اللذان دافع عنهما فرانسيس بيكون باعتبارهما السبيل إلى فهم الطبيعة، واستخدام تلك المعرفة لتحرير الإنسانية من الرق. نجحت هذه الاستراتيجية نجاحاً غير عادي، وأصبحنا بالفعل نملك وسائل تحرير البشر من الجوع والفقر، بتوليد الثروة والسلع، وهو ما تحقق من خلال تطبيق المعرفة العلمية، وتوسيع القاطرة التي تقود الرأسمالية. ولكن الأشياء لم تمض - تماماً - كما كان متوقعاً لها. فجزء كبير ومتزايد من سكان العالم مازالوا يعيشون في فقر وجوع، والأراضي الزراعية والموارد الطبيعية تعاني من التدمير بمعدل متنامٍ، وتلوث البر والبحر والجو يؤثر على جوانب الحياة كافة على الكوكب، والجو يصير عنيفا أكثر وأكثر نتيجة الاحتباس الحراري الناجم عن حرق الوقود الأحفوري، وأنواع تنقرض بمعدلات لم تُرَ من قبل منذ نوبات الانقراض في العصر البرمي (Permian) ونهاية العصر الطباشيري (Cretaceous)، وقدرة الدول الوطنية على حماية مواطنيها تتدهور مع صعود المؤسسات العابرة للجنسيات (transnational) التي تفرض تجارة عالمية غير منظمة في السلع والخدمات. لقد أوجد التوسع غير العادي لتكنولوجيا المعلومات في عصرنا ظروفا يمكن فيها للقرارات الخاصة بالاستثمار وحركة رأس المال أن تزعزع أسواقاً، بل وتقضي على حكومات. وتنعكس فوضى الطقس المتزايدة في انتشار الفوضى السياسية، التي يبدو فيها الحوار التقليدي عاجزاً عن تحقيق الاستقرار والأمن، وهما هبة الحداثة التي وهبتنا إياها العلوم والتكنولوجيا في المقام الأول. لقد

انزلقنا – على خلاف المتوقع – إلى هوة عصر مظلم أشد خطورة بكثير من حرب الثلاثين سنة؛ لأن التفسخ الآن صار عالميًا.

كل هذه العلامات جليّة لا تخطئها عين. لذا يمكننا استخدام صورة حاضرنا هذه لنقترح إما هلاكا وشيكا وإما تحولا إلى مستقبل أكثر إشراقاً، يرتكز على ارتباطات وتحالفات جديدة بين الاتجاهات الحاضرة. ليس في نيتي أن أقترح أيّهما، ولكن بدلاً من ذلك أنوي محاولة تحديد جوانب موقفنا الحالي غير المنظورة، وإن كانت فيما يبدو آخذة في الظهور. ليس هدفي أن أصف الخمسين سنة المقبلة، بل أن أرى ما هو موجودٌ وجودا غير ظاهرٍ وقادر على تحفيز عمل إبداعي الآن، دون أي رؤية واضحة للمستقبل.

غير المنظور

بما أنني عالم، والعلم سيسهم على الأرجح إسهاماً كبيراً في مستقبلنا، فسوف أتفكر كثيراً فيما يكمن في أروقة المؤسسة العلمية كلاعب محتمل فيما سيأتي. قصتي الأولى تردد صدى معاناة جاليليو على أيدي الكنيسة، التي جعلته يسحب دعمه لهرطقة دوران الأرض حول الشمس.

في ستينيات القرن الماضي، كان العالم المخترع جيمس لافلوك (James Lovelock) – الذي كان يعمل مع ناسا (NASA) في مسائل تتعلق بالحياة خارج كوكب الأرض – يرى أن تكوين الغلاف الجوي للأرض يميزها عن الكواكب الأخرى على نحو يقول لنا شيئاً أساسياً عن العلاقة بين الكائنات الحية الدقيقة وبيئتها غير العضوية. كتب لافلوك مقالة في مجلة "نيتشر" (Nature) العلمية، يحتجّ فيها بأن الحياة لا تكتفي بالتكيّف مع ظروف معينة على ظهر الكوكب إلى حيث تمتد جذورها، بل تغيّر هذه الظروف وتعمل على تثبيتها كي تحفظ بقاءها. طرحت هذه الرؤية الثاقبة – التي تدعمها وتعززها أدلة بيولوجية مستمدة من عمل لين مارجوليس (Lynn Margulis) حول قدرة الميكروبات على تغيير ظروف الكوكب – في دنيا العلم باسم "فرضية غايا" (Gaia Hypothesis) في مقالة نشرت سنة 1974 في مجلة تيلوس (Tellus) بقلم لافلوك ومارجوليس. وهذه الفرضية تستند إلى أدلة سليمة، وإن كانت ترتدي ثوب إلهة الأرض اليونانية القديمة. ما الذي فعله بها جمهور العلماء؟ ألقوها في غياهب الجحيم. لماذا؟ لأن لافلوك ومارجوليس لم يخالفا مبدأ واحدا بل اثنين من المبادئ العلمية التقليدية. أما المخالفة الأولى فكانت اقتراحهما وجود جوانب معينة للتطور، لا تتفق مع المبادئ الداروينية. فوفقا لفرضية غايا، لا تكتف الحياة بالتكيّف مع ظروف معيّنة على الأرض، بل يمكنها تغيير هذه الظروف بحيث

تستطيع التكيّف مع الحياة. على سبيل المثال، تستطيع الميكروبات تغيير تكوين الغلاف الجوي (ثاني أكسيد الكربون، الميثان، الأمونيا، الأكسجين) بحيث تظل درجة الحرارة ضمن الحدود التي تسمح باستمرار الحياة. إذن فالأرض بأكملها يمكن النظر إليها كنظام حيّ، ينظم متغيراته الحيوية بنفسه كما يفعل الكائن الحي.

أما المخالفة الثانية فهو اسم "غايا" الذي يعني ضمنا أن الأرض ذاتها كائن حيّ من نوع ما، لا مجموعة من العمليات الميكانيكية العمياء من النوع الذي كما يرى العلم يقوم بأنشطة كوكبية. كانت هذه الصورة – صورة الأرض كإلهة – قويةً على نحو استثنائي بالنسبة للناشطين البيئيين الذين كانوا يحتجون على نهب موارد الأرض الطبيعية، وتلويث البر والبحر والجو نتيجة الإفراط في حرق الوقود الأحفوري مثلا. أتاحت صورة غايا بؤرةً تركزت عليها مشاعر الحزن والغضب التي كانت تعتمل في كثير من الناس عندما أدركوا ما فعلناه، ومازلنا نفعله في حق كوكبنا.

أدت الهرطقات التي تضمنتها الفرضية إلى حرمان كبير أنصار غايا لافلوك من كنيسة العلم حرمانا فعليا، فاستجاب بدفاع قوي عن هرطقته الأولى، موافقا على أن مبدأ الانتخاب الطبيعي الداروين واحد من آليات النشوء، ولكن مع الإصرار على أن الحياة نفسها تغيّر الظروف على الأرض، وتتكيّف مع التغيّر أيضا. تم قبول هذا المبدأ الآن من جانب جمهور العلماء الذي يستخدم مصطلح "علم أنظمة الأرض" (Earth system science) لوصف صورة نشوء الأرض المكبرة التي طرحها لافلوك ومارجوليس. ولكن هذا القبول كان له ثمن، إذ سحب لافلوك معنى كلامه بأن الأرض تتصف بصفاتٍ من قبيل نيةٍ أو قصدِ الاعتناء بالحياة على الكوكب، وهي الفكرة التي نُظر إليها كنوع من القول بحيوية المادة (animism)، وهو شيء محظور بالكلّيّة في العلم. فلو أنها تحيا في أي مكان في ثقافتنا، فهذا المكان في أعمق أعماق الظل.

ميتة أم حية؟

القول بحيوية المادة (كل شيء في الوجود حيّ بصورة ما) ليس منبوذا فحسب من جانب العلم، بل هو أيضا خارج نظام المعتقدات في ثقافتنا. تحدثت مؤخرا مع عازفة فلوت قديرة في أوركسترا «أوبرا سانتا في» عما أطلعني عليه عازف فلوت من قبيلة نافاجو (Navajo) بشأن الفلوتات السبعة التي كان يحملها معه وهو يعزف، إذ أطلعني على مختلف الخصائص التي تميز نغمة كل فلوت وأسلوبه في التعبير، وعندما أشرت إلى واحد منها أعجبني على الأخص بصوته الذي يشبه صوت الطيور، عزف عليه من جديد، ثم شرح لي برفق أن ثقافته تعد إشارة الإنسان

إلى الفلوت تنم عن وقاحة، مثلما تنم الإشارة إلى شخص آخر عن وقاحة. كانت الإشارة وقاحة لأن لكل فلوت اسم وشخصية، أي أن الفلوت في الحقيقة كان كائناً حياً. نظرتُ إلىّ عازفة الفلوت في أوركسترا الأوبرا غير مصدقة وتساءلت: "أكان جادا؟" فهي رغم حبها الجمّ لفلوتها، لم تكن تراه حيا بأي حال.

فلماذا تشكّل حيوية المادة تهديدا لنظرة الغرب العلمية للعالَم؟ هل هناك أي بادرة على أن جدلية (dialectic) العلم بدأت تُظهر هذه الرؤية إلى النور مرة أخرى؟ وإذا كان الأمر كذلك، ما الأهمية المستقبلية لإحياء هذه الرؤية؟ يصرّ علمنا على أن الطاقة أو المادة التي يتكون منها كوننا ميتة، وتخلو من أي قدرة على الإحساس أو الوعي. تعلم جاليليو هذا الدرس من الذرّانيين (atomist) اليونانيين، ومفاده أنه لا يوجد غير الذرات والفراغ. أتاحت لنا هذه الطريقة الخاصة بالنظر إلى الأشياء استكشافَ العديد من جوانب العالم، وتطوير نظرات ثاقبة غير عادية لطبيعة العمليات التي تشكل أساس ظواهر الطبيعة المتنوعة، الميت منها والحي، كما منحتنا تشكيلة تثير الإعجاب من التكنولوجيات، وهذه وسيلة ناجحةٌ للمعرفة، ويعتمد عليها. المسألة الأساسية هي أن جوانب الطبيعة هذه التي يمكن تقديرها كميّا وقياسها - ويفضل تنظيمها في علاقات رياضية تصف انتظام سلوكها - توفر المعرفة الوحيدة اليقينية والموضوعية بالعالم. فعندما نصف الظواهر - لا من منظور كمّيّ بل من منظور صفاتها (مثل لعب حيوان القضاعة المبهج، أو جمال المشاهد الطبيعية، أو حيوية أحد الأصدقاء) - فإننا نعبر عن وجهة نظرنا الشخصية في ما نشاهده. فاللعب والبهجة والجمال والحيوية كلها صفات لا يمكن قياسها كمّيّا، وبالتالي لا يمكن استخدامها كأساس لأوصاف موثوقة للظواهر. ربما يكون لها جوانب قابلة للقياس كميا، يمكن استخدامها للوصف العلمي، ولكن الصفات نفسها تقع خارج نطاق العلم .. تقع في نطاق الخبرة الذاتية. فقولك إن الفلوت حيّ ولديه مشاعر يمكن إيذاؤها عند الإشارة إليه لا يبدو معقولا - إلا مجازا - من هذا المنظور. فالفلوت ليس ميتا فحسب، بل هو مجرد من أي نوع من أنواع الخبرة.

من أين يأتي الوعي؟

أحد العناصر التي انضمت إلى الأجندة العلمية مؤخرا أصلُ الوعي وطبيعته. لا مراء أن الشعور جانب رئيس من جوانب الوعي. فمشاعرنا وأفكارنا تمثلان مضمون وعينا. وهذه المشاعر ربما تكون تجاه أنفسنا أو تجاه العالم الخارجي، كما في حال رؤيتنا طفلا باكيا أو حيوانا جريحا أو شجرة تموت. إذن ففي السؤال: «من أين يأتي الوعي؟» يكمن سؤال: «من أين تأتي المشاعر؟» أما الإجابة التي نضطر

– نحن العلماء – إلى تقديمها فهي أن المشاعر تنبع من تنظيم ديناميكي معين لمادة عديمة الإحساس مثل الأجهزة العصبية على مستوى معين من التعقيد والنظام. فمشاعرنا تنبع كصفات ناشئة عن شيء لا يحتوى على أدنى أثر مما يمكن تسميته مشاعر أو أحاسيس. وهنا نواجه مشكلة.

جميع ما لدينا من أمثلة على الصفات الناشئة في الأنظمة المعقدة له مؤشرات على الصفة الناشئة بالصورة نفسها. على سبيل المثال، يمكن وصف السلوك الإيقاعي للنمل في رعايته الملكةَ والصغارَ في إحدى مستعمرات النمل بأنه صفة ناشئة؛ لأننا لا نستطيع التنبؤ بأن هذا السلوك المنظم سوف ينشأ عن نشاط النملات الفردية (الذي هو في الحقيقة فوضوي) وتفاعلاتها (التي تستثير خلالها إحداها الأخرى). ومع ذلك، فإن السلوك الإيقاعي هو ما يشاهد في المستعمرات الحقيقية، كما أنه يحدث في النماذج الكمبيوترية التي تحاكي هذا السلوك. ينشأ هذا النظام غير المتوقع باستمرارٍ في الأنظمة المنظمة ديناميكياً على هذا النحو.

فما المؤشر الديناميكي للإيقاع الجماعي للنملات في غرفة صغارها؟ إنه نمط نشاط أو لانشاط النملات كأفراد، وهو نمط فوضوي بالمعنى التقنيّ للكلمة، فلا توجد دورية (periodicity) مفضلة. ولكن الفوضى تتكون من نمط معقد من المكونات الإيقاعية، وبالتالي فليس صعباً أن نتخيل أنه عندما يتفاعلِ النمل بالاستثارة يَظهر نمطٌ مفضل. نحن هنا لسنا في مواجهة معجزة هي الحصول على شيء من لا شيء. فالطبيعة متّسقة، وما إن نرى ما يحدث، يمكننا فهم الظاهرة من منظور سلوك أجزاء النظام ونمط تفاعلاتها. وهذا ينطبق على أمثلة عديدة للسلوك الناشئ الذي يحدث في فيزياء الحالة الصلبة وفي الأحياء.

ولكن إذا كانت المشاعر تنشأ من مادة لا تحتوي على أدنى أثر مما نسميه مشاعرَ، إذن فنحن فعلا نحصل على شيء من لا شيء، وهذا يبدو لي من قبيل المعجزة. أنا كعالم أفضّل أن أضع شيئًا ضئيلا من الشعور أو الإحساس في المادة بصورةٍ ما، وأسمح لها بالتضخم في أنظمة منظّمة بطرق معينة، وهي وجهة نظر تم بحثها بحثا مكثفا في كتابات فلاسفة من أمثال ألفريد نورث وايتهيد (Alfred North Whitehead) في كتابه "العملية والواقع" (Process and Reality) المنشور سنة 1929، وتشارلز هارتسهورن (Charles Hartshorne) في كتابه "فلسفة وايتهيد" (Whitehead's Philosophy) المنشور سنة 1972، وديفيد راي جريفين (David Ray Griffin) في كتابه "حل عقدة العالم: الوعي والحرية ومشكلة العقل والجسد" (Unsnarling the World-Knot: Consciousness, Freedom and Mind-Body Problem) المنشور سنة 1998.

علم الكيف

يمكنك أن ترى إلى أين يقودنا هذا. أولاً: هناك - فعلاً - شعور أو إحساس في المادة، وهكذا فالقول بحيوية المادة ليس بعيدا تماما عن الصواب.

ولكن هناك وجه آخر للعلم، بدأ لتوّه في التغيّر – يأخذ وجهة النظر الخاصة بالمشاعر والكيفيات إلى أبعد من ذلك، ويرتبط هذا التغيّر بوضع الكيفيات. فهناك أدلة الآن على أنه عند نظرنا إلى حيوانٍ ما، واستنتاجنا أنه عصبي أو هائج أو منعزل، نحن نلاحظ خبرة لدى الحيوان نفسه، ولا نسقط مشاعرنا الخاصة عليه مجرد إسقاط. ويبرز هذا الدليل من دراسات أجرتها عالمة السلوكيات فرانسواز ويملسفيلدر (Francoise Wemelsfelder) وزملاؤها تظهر أن الأشخاص المختلفين الناظرين إلى الحيوان ذاته تكون لديهم درجة عالية من الإجماع في تقييماتهم. يرتكز العلم على مثل هذا الإجماع، وهو الإجماع الذي يؤدي إلى استنتاج أن ما يُلاحظ ليس ذاتياً بل حقيقياً وموضوعياً. ما يتطور عن ذلك عبارة عن "علم كيفيات" (science of qualities) يمثل طريقاً للوصول إلى إجماع بشأن التقييمات التي كان ينظر إليها جمهور العلماء سابقا باعتبارها خارج نطاق العلم.

كما أشرنا، لقد منحنا علمُ الكيفيات الحالي القدرةَ على إنتاج سلعٍ كافية لتلبية احتياجات جميع سكان الكوكب، ولكنه تركنا مع نوعية حياة سريعة التدهور حولَ العالم. ففي ظل العلم الحالي، من الممكن أن نرى عناصر علم الكيفيات التي من شأنها أن تعيد التقييم النوعي للمكان الذي تحتله في حياتنا اليومية، حيث تعتمد الأحكام على الكيف اعتمادها على الكم. تقدم لنا هذه الإعادة، إلى جانب الاعتراف بأن المشاعر لا تنتمي فحسب إلينا بل إلى بقية الطبيعة – مهما كانت صورتها – مجموعة متحولة تحولا دراميا من الإمكانات للمعرفة العلمية والتكنولوجيا والعمل التجاري والسياسي.

إن تحولا بهذا الحجم في المنظور العلمي لن يَحدث بين عشية وضحاها، هذا إن حدث. فهو يقتضي نماذج جديدة من التعليم على مستوى أساسي تتحد فيها العلوم والآداب بما يحافظ على كمال (wholeness) الأفراد، ويتطلب فيها صنع القرار العلمي والتكنولوجي مشاركة من جميع أفراد المجتمع المدني، مع الربط مجدداً بين المعرفة والعمل المسؤول. عندئذ سيُنظر إلى الزمن الذي نعيشه الآن على أنه عصر مظلم حقاً، وإن كان عصراً مظلماً بذرت فيه من قبل بذور التحول القابعة في ظل الأرض، التي تكلأها غايا برعايتها إن جاز التعبير.

برايان جودوين (Brian Goodwin): أستاذ علم الأحياء بكلية شوماخر دارتنجتون، في ديفون بالمملكة المتحدة، مهمته الإشراف على برنامج الماجستير في العلم الشمولي، وعضو هيئة تدريس معهد سانتا في. ألّف «التنظيم الزمني في الخلايا» (Temporal Organization in Cells)، و«كيف غير النمر الأرقط رقطاته: نشوء التعقيد» (How Leopard Changed Its Spots: The Evolution of Complexity)، و«الشكل والتحول: المبادئ التوليدية والعلائقية في الأحياء» (Form and Transformation: Generative and Relational Principles in Biology) بمشاركة جيري وبستر (Gerry Webster)، و«علامات الحياة: كيف يعمّ التعقيد الأحياء» (Signs of Life: How Complexity Pervades Biology) بمشاركة ريكارد سوليه (Ricard Solé).

مارك دي. هاوزر

عقول يمكن استبدالها

تأمل الغرائب التالية: دجاجة زرع في مخها قطعة من مخ سمّان، تحني رأسها كسمّانة، ولكنها تصيح كدجاجة. رجل سبعيني مصاب بالشلل الرعّاش، وقعيد كرسيه المتحرك، تزرع في مخه قطعة من مخ خنزير، فيتوجه من فوره لممارسة الجولف دون أي أثر للقطعة الخنزيرية المزروعة له. هذا ليس ضربا من الخيال العلمي على طريقة دوجلاس آدامز (Douglas Adams)، بل حقيقة علمية، إذ يمكننا اليوم تبادل الأنسجة المخية، ليس فقط بين أفراد النوع نفسه بل بين الأنواع المختلفة. بعد خمسين سنة من الآن، سيكون هذا العلم الدقيق - وأقصد علم الأحياء العصبي - قد أحدث ثورة في فهمنا للمخ والتلافيف المخية خلال مراحل النمو، وكيفية نشوئه على مر الزمن. ومع اتساع معرفتنا بالمخ أكثر وأكثر، سنعرف في النهاية مزيدا من المعلومات عن الحياة من منظور الأنواع الأخرى. ولكن العواقب العلمية والأخلاقية لهذه الثورة موضع تأمل اليوم. ما شكل الحياة من منظور كائن حيّ آخر؟ يبحث هذا السؤال الذي طرحه رسمياً الفيلسوف توماس ناجل (Thomas Nagel) في ورقته البحثية الشهيرة "كيف يبدو الأمر لو كنت خفاشا؟" (What it is like to be a bat?) المنشورة في العدد 83 من مجلة «فيلوسوفيكال ريفيو» (Philosophical Review) في أكتوبر 1974، الصفحات 435-450 - عموما الجانب الفكري من حياة الحيوانات وخصوصاً فيما يتعلق بخبراتها الذاتية ومشاعرها. يرى بعض الناس عدم إمكانية استرجاع مثل هذه الخبرات، على الأقل في ظل الأدوات العلمية الحالية، ويرى آخرون أن هذه مشكلة عسيرة وإن كانت في متناول العلم. وبما أن الحديث عن مثل هذه المسائل يسهل بعرض الأمثلة، دعوني أذكر لكم واحداً.

في منتصف ستينيات القرن العشرين باشرت مجموعتان تجارب على مجموعة من قِرَدَة ريساس (rhesus monkey) بهدف اكتشاف كيفية استجابتها لرؤية قرد آخر، يتعرض لصدمة

كهربائية. وفي الوقت نفسه تقريباً، بدأ عالم النفس الاجتماعي ستانلي ملجرام (Stanley Milgram) اختبار الناس لمعرفة طريقة استجابتهم للسلطة، وعلى وجه التحديد لمعرفة ما إذا كانوا سيطيعون صاحب سلطة، يأمرهم بتعريض إنسان آخر لصدمة كهربائية. في إحدى التجارب التي أجريت على قردة ريساس، تم تدريب قرد على سحب عتلات للحصول على حصته اليومية من الطعام. وعندما أتقن القرد المهمة، وُضع قردٌ ثانٍ في قفص مجاور. حينما يسحب القرد الأول العتلات، يتسبب في إصابة الثاني بصدمة كهربائية شديدة. المدهش أن القرد الأول لم يتوقف عن سحب العتلات فحسب، بل توقف عن سحبها عدة أيام على الرغم من أنه بتوقفه عن سحبها كان يحرم نفسه من وجبته اليومية. كان هذا القرد يتضور جوعاً، ولكن جاره كان يستفيد بتفادي الصدمة. وكان احتمال امتناع القردة المتحكمة في العتلات عن سحب هذه العتلات يزيد عندما يكون نزيل القفص الآخر قرداً معروف لديها وينقص عندما يكون غير معروف، أو نوعاً آخر كالأرانب مثلا. وأخيراً فإن القردة التي تعرضت للصدمة الكهربائية كانت تمتنع لفترة أطول من القردة التي لم تتعرض لها.

تبدو التجارب التي جرت على قردة ريساس مذهلة بوجه خاص في ضوء النتائج المعاكسة تماما التي تمخضت عنها تجارب ملجرام على البشر، والتي وصفها بوضوح في كتابه "طاعة السلطة" (Obedience to Authority) المنشور سنة 1983. فعندما كان يأمر صاحبُ سلطة بوصفه باحثاً يرتدي معطفاً مخبرياً أبيض شخصاً مفحوصاً (subject) بسحب عتلة ليصدم شخصا آخر، كان المفحوص يكرر ذلك، على الرغم من أن الآخر، وهو ممثل لا يتعرض لخطر فعلي، كان يستجيب لـ"الصدمة" استجابةً درامية. ولو نزل أحد سكان المريخ إلى الأرض لمشاهدة التجربتين لاضطر إلى استنتاج أن قردة ريساس تتعاطف أما البشر فلا. يبدو أن قردة ريساس تعرف شعور الآخرين عند تعرضهم للألم، أما البشر فهم إما لا يعرفون ذلك، أو أنهم لا يبالون فحسب. نحن نعلم بالطبع أن الناس يمكنهم أن يبالوا، ويمكنهم أن يتعاطفوا مع الآخرين، ويمكنهم أن يفكروا شعوريا في طبيعة ما يمرّ به شخص يعاني عاطفيا. فقرّاء الرواية المؤثرة "آدم بيد" (Adam Bede) لجورج إليوت (George Eliot) يستطيعون الشعور بسهولة بما يشعر به "آدم" عندما يرى "هيتي" التي لا تبادله حبا بحب. الفقرة التالية توضح ذلك:

حمرة الخجل جعلت قلب آدم ينبض بشعور جديد بالسعادة. لم يحمرّ وجه هيتي أبدا لمرآه قبل اليوم. قال لها: "أخفتُك"، بإحساس لذيذ لم يعبّر عما قاله؛ لأن هيتي كان يخامرها فيما يبدو شعور مماثل لشعوره.

من المغري أن نستنتج أن قردة ريساس تتعاطف، وتبالي برفاهة الآخرين، والتجارب فيما يبدو تؤيد هذه النقطة، وإن كانت ثمة تفسيرات بديلة. لعل القردة التي تسحب العتلات وجدت استجابة المتعرضين للصدمة غير مقبولة، فأعرضت عن سحبها كرد فعل تجاه ذلك، وربما كانت خائفة من الانتقام، وذلك بأن تجد نفسها في موقف القرد نفسه المتعرض للصدمة وتحت رحمة قرد أقل رأفة. فإذا كان الأمر كذلك، فإن الامتناع عن سحب العتلات لم يفرضه التعاطف بل المصالح الذاتية. وبصرف النظر عن أي التفسيرين هو الصحيح،

تشير هذه التجارب إلى حساسية شديدة نحو البيئة الاجتماعية، وتبين أن للقردة عواطف وأهداف، وأنه يمكنها التصرف على أساسها. يمكننا أن نستخدم مثل هذه المعلومات للربط بين دراسات عقول الحيوانات وبين الاهتمام برفاهتها.

كيف لنا التعرف على احتياجات الحيوانات ورغباتها وأهدافها؟ هذه معلومات مهمة إذا أردنا أن نوفر لها العناية المناسبة. آهٍ لو لم يكن الدكتور دوليتل وهو أحد شخصيات هيو لوفتنج (Hugh Lofting) شخصية قصصية، وكنا مثله نستطيع التحدث مع الحيوانات! غير أن هناك بديلاً جيداً عن هذا الحديث، يبدأ بملاحظة السلوك النمطي للنوع، ثم استعارة أدوات علم الاقتصاد لنسأل عمّ سيدفعه الفرد لقاء الحصول على ما يريد. هيا بنا نتأمل دراسة حديثة لـ"المنك" المربى في المزارع.

يعتقد مربو المنك أن حيواناتهم تعيش في أوضاع مُرضية (معنى "مرضية" في هذه الحالة "حصولها على احتياجاتها كافةً كي تحيى حياة صحية"). يشكك من لا يتفقون مع هذا الرأي الخاص بحياة المنك في الفكرة القائلة بأن "صحية" تعني طعاما وشرابا كافيين مع انعدام ملامح المرض. لا يساعدنا التنظير غير العملي في هذا المجال، ولكن إجراء تجربة واضحة من شأنه أن يساعد. وضعت عالمة الأحياء بجامعة كامبريدج، جورجيا ميسون (Georgia Mason) وزملاؤها حيوانات المنك في أقفاص فردية تحاكي الظروف السائدة في مزارع المنك، التي تحتوي على وكر ومياه للشرب وطعام. وبناء على افتراض أن جميع الحيوانات تبحث عن المتعة، ومجبولة على الحصول على ما هو طيب، واجتناب ما هو سيئ، أتيح لكل منكٍ الاختيار بين سبع حجرات بديلة، لكل منها خصائصها الفريدة، كبِركة مياه، ومنصة مرتفعة، وأشياء جديدة، ووكر ثانٍ، ونفق، ودمىً، وحيّز إضافي. ولدخول هذه الحجرات، كان مطلوبا من المنك فتح باب كل واحدة منها بدفعه. ويوما بعد يوم، تم تعليق أثقال على كل من الأبواب السبعة بحيث يصعب فتحها. نشأ عن هذه التجربة نظام اقتصادي مغلق يتعين فيه على الأفراد الدفع مقابل ما تريد. الفكرة

الرئيسة وراء هذه التجارب هي أن الحيوانات قد تدفع أكثر، ليس فقط مقابل ما تريد بل – وهو الأهم – مقابل ما تحتاج.

عندما كانت حيوانات المنك تطلق من أقفاصها، كانت تختار دائماً الحجرة ذات البركة، وتمضي فيها معظم الوقت، وتدفع تكاليف أعلى مقابل ذلك. علاوة على ذلك، تم قياس مستويات أحد هرمونات التوتر وهو الكورتيسول، وتبين أنه يكون مرتفعا عند حرمانها من البركة مثل ارتفاعها عند حرمانها من الطعام. فماذا يريد المنك؟ يريد برك المياه. لمَ؟ لأنها في موطنها الطبيعي تمضي وقتا طويلا في الماء، تسبح وتطارد فرائسها المائية. النتيجة أن على مربي المنك أن يدفعوا النذر اليسير الذي يتكلفه شراء البرك الصغيرة حتى يؤمّنوا للمنك "حياة صحية". فهو بدون البرك يعاني من التوتر نفسه الذي يعانيه عند حرمانه من الطعام. ونظرا لأنه لا يوجد مربٍّ في قلبه رحمة يفكر في حرمانها من الطعام يوماً، فلماذا يحرمها من برك المياه؟ وهو أمر لا يبدوا معقولاً، اقتصادياً ولا أخلاقياً.

تثبت التجارب التي أجريت على قردة ريساس والمنك كيف يستطيع العلم الكشف عما تشعر به الحيوانات وتريده، وكيف يمكن أن تُستثمر هذه المعرفة في مجالات عملية جيدة. غير أن الطرق المبيّنة بدائية، إذا أخذنا في اعتبارنا التطورات الحديثة في علمي الوراثة والمخ. فبعد أن أصبح بإمكاننا تعديل جينوم أي حيوان من خلال إضافة جينات أو استئصالها، إلى جانب قدرتنا على استئصال أو استبدال قطع من مخه، صار نطاق الأسئلة الممكنة التي نستطيع طرحها والإجابة عليها هائلا، وكذلك الحال بالنسبة لنطاق المعضلات الأخلاقية المحتملة. تأمل العملية الأخيرة لخلق فئران ذكية (أو فئران "دوغي" تيمنا باسم الشخصية التلفزيونية الشابة ذات النضج المبكر دوغي هاوزر). هُندست هذه الفئران وراثياً من خلال إضافة نُسخ من الجين المسمى (NR2B) الذي يلعب دوراً مهماً في تكوين الذاكرة. عُدت الفئران التي تحتوي على جينات إضافية أذكى من فئران المجموعة الضابطة؛ لأنها تتعلم تمييز الأشياء، وتستجيب لمثير منفّر، وتجد ممرا خفيا، كل هذا بسرعة أكبر. أما الأمر مثار الجدل فهو ما إذا كانت مادة الذكاء تتشكل من هذه القدرات الزائدة، ومع ذلك فإن النتائج تبين اختلافا في الأداء ناشئا فيما يبدو عن التلاعب في الجينات. بالنسبة للمهتمين بالخصائص الوراثية للوظائف المعرفية الأرقى، كانت هذه النتائج مذهلة تماما؛ لأنها لم تكشف فحسب عن قوة هذا التقدم التكنولوجي، بل أظهرت – أيضاً – أنواع الهندسة الوراثية التي يمكن استخدامها لأغراض تطبيقية، خصوصا في معالجة الاضطرابات الصحية عند البشر. فيمكن للمرء – نظريا – القضاء على فقدان الذاكرة المدمر لدى مرضى الزهايمر من خلال زيادة عدد مستقبِلات الذاكرة في المخ مثلا.

غير أن إثارة الاكتشافات ذات الصلة بفئران دوغي تضاءلت بسبب نتائج تجربة أخرى كشفت النقاب عن الأخطار الكامنة في التلاعب بالجينات وبالمخ. فبعد سنتين من خلق هذه الفئران عُرض على الوسط العلمي أثرٌ جانبي لـ .. حسنا .. للذكاء. يتجلى هذا الأثر في مقولة الرياضيين المأثورة: "لا فوز دون ألم". فقد اتسمت فئران دوغي – على عكس نظيراتها العادية - بإدراك أكبر للألم الحاد وعلى فترات زمنية أطول، ولهذه النتيجة تأثيرات مهمة. وكما بين عالم الوراثة ريتشارد لوونتين (Richard Lewontin) في كتابه "اللولب الثلاثي: الجين والكائن الحي والبيئة" (The Triple Helix: Gene, Organism and Environment)، الذي انتقد فيه مشروع الجينوم البشري، يجب علينا أن نتجنب استنباط نتائج بلهاء بشأن العلاقة السببية بين الجينات والسلوك مخافة أن نفشل في تقدير المحيطات الجينومية والبيئية المعقدة التي تعيش الجينات فيها.

إنها غابة وراثية، ونحن لا نتوصل إلى تقديرات علمية (بمعنى إحصائية) عن العواقب إلا عندما تتم إزالة أحد الجينات، أو استبدال جين آخر به أو نسخه. هذا لا يعني أن التلاعب بالجينات أو بالمخ عديم الفائدة، بل على العكس، فمن المحتمل أن تفتح هذه التكنولوجيات مجالا من الاكتشافات والرؤى الجديدة، غير أنه يتوجب علينا أن نكون مستعدين – إلى جانب هذه الاكتشافات – لاكتشاف مضاعفات وصعوبات ليست في الحسبان.

كثيراً ما أكلّف طلابي بممارسة هذه التجربة الفكرية: لو تسنت لك فرصة إجراء عملية زرع مخ - يمكن إبطال مفعولها بعد إجرائها (يمكن إبطال مفعولها نظرا للقدرة على استرجاع الأجزاء الأصلية دون أثر سلبي) – من خلال الحصول على جزء محدد من حيوان متبرع طواعية، فأي جزء تأخذ ومن أي الأنواع؟ أورد طلابي على مر السنين الأجزاء الثلاثة التالية على رأس قوائمهم: البصلة الشمية لدى الكلب، والقشرة السمعية لدى الخفاش، والدوائر البصرية لدى النسر. تحتوي هذه التجربة الفكرية على شَرك ذكي. فرغم أن التكنولوجيا تمكّن من زراعة هذه المناطق القشرية، فإن هناك شيئاً آخر لابد منه حتى يصبح بالإمكان الشم مثل الكلب والسمع مثل الخفاش والرؤية مثل النسر، وهذا الشيء عبارة عن جهاز تفسيري يصاحب هذه الأعضاء (مثل خَطْم الكلب وأذني الخفاش الراداريتين والجفن المزدوج على عيني النسر). يتمكن الإنسان – بمساعدة الجهاز الشمي الكلبي المركّب حديثاً – من اكتشاف رذاذ بول على صنبور إطفاء على مبعدة مئات الياردات، ولكنه سيفسر الرائحة كما يفسرها الإنسان، وقد تكون هذه الرائحة لا تطاق؛ لأنها نفاذة إلى درجة لم يعرفها بشر قط.

أريد التأكيد على أهمية هذا الجانب التفسيري لنشاطنا المخي لأنه كثيرا ما يتم إغفاله.

ومن شأن مفارقة فلسفية وأحد أفلام الرعب أن يوضحا هذه النقطة. يوجد في المنطق ما يسمى بنظرية التطابق (theory of identity) التي تقول إنه لأي شيئين (س) و(ص) يحتويان على أجزاء متعددة، فإن (س) = (ص) إذا كان كل جزء من (س) جزءاً من (ص) وكل جزء من (ص) جزءا من (س). إن التحدي التقليدي لفكرة التطابق هذه هو حالة ثيسيوس (Theseus) وسفينته ببحارتها الأثينيين. كانت السفينة جديدة عندما أبحرت، وكان البحارة يستبدلون ألواحاً خشبية جديدة بالألواح التالفة التي تبلى مع مرور الزمن. وفي نهاية الرحلة كانت جميع الألواح ولوازمها الأصلية قد استبدلت. أما المفارقة فهي: هل السفينة التي أنهت الرحلة هي نفس السفينة التي بدأتها؟ وهل مازالت سفينة ثيسيوس؟ عليكم قبل الإجابة تأمل فيلم "المستأجر" (The Tenant) لرومان بولانسكي (Roman Polanski) الذي لعب فيه بولانسكي دور كاتب أرشيف وديع، يسكن شقة باريسية. كان المستأجر السابق قد حاول الانتحار، وهذا يجعل كاتبنا يعيش في حالة من الوسواس الوهمي يقوده إلى مناجاة فردية بليغة، تتضمن عناصر الذات: "لو قطعت ذراعي أقول: أنا وذراعي. أما لو قطعت رأسي فهل أقول: أنا ورأسي، أم: أنا وجسدي؟" تبين هاتان الحالتان المصاعب المرتبطة بالتفسير. فلو استبدلنا جهاز شم كلبي أو بشري بجهاز الشم لدى شخص ما، فلا نكون قد غيرنا هوية هذا الشخص، بل غيرنا فقط كيفية إدراكه للروائح (ولا سيّما عندما يكون المستبدل جهاز كلب)، ومازال الشخص المتلقي لهذه الدائرة الجديدة يفسر الرائحة بطريقته الخاصة. ولكن إذا تعلق الأمر بأجزاء أخرى من المخ، فلابد من طرح السؤال الخاص بالهوية بناء على حالة فردية. وكما أورد عالم الأعصاب أنطونيو داماسيو (Antonio Damasio) في أحدث مؤلفاته عن الشعور بعنوان "الشعور بما يحدث" (The Feeling of What happens)، فإن لمختلف أجزاء المخ آثار مختلفة على الشعور بما يحدث للنفس. فمن المحتمل أن تتسبب بعض الأجزاء القابلة للاستبدال في تغيرات جذرية في الهوية كما يتضح من حالة فينيس جيج (Phineas Gage) الشهيرة. كان جيج أحد أفراد المجتمع المجدين المحترمين، ثم تعرض لإصابة في فصّ مخه الأمامي حولته إلى شخص يتعذر التعرف عليه، ويفتقر عموماً إلى الحكم الأخلاقي.

من أجل مزيد من التوضيح لموضوع "عقول يمكن استبدالها"، يمكننا إجراء تجربة فكرية أخرى تستند إلى بعض النتائج المذهلة في دنيا علوم الأعصاب. تمكّن اختصاصي علم الأحياء العصبي ميجيل نيكوليليس (Miguel Nicolelis) وزملاؤه من تسجيل تفريغ الشحنات الكهربية لمئات الخلايا العصبية (neurons) من مخ نسناس البوم (owl monkey)، واستخدام الإشارة في تحريك ذراع روبوت (robot). قد يبدو هذا شيئا يخص تصنيع الآلات دون غيرها، ولكنه ليس كذلك؛ لأنه يظهر أننا نستطيع في مرحلة ما إدراك الشفرة العصبية وفهم كيفية

تأثيرها في السلوك. تخيلوا الآن أننا نستطيع تنزيل (download) إشارات الخلايا العصبية من أي حيوان، وإنشاء ما يشبه مكتبة على قرص صلب (hard drive)، تحتوي على أفكارها أثناء تفاعلها مع العالم. وقتها سنستطيع قراءة تفكير الحيوان وهو يأكل، وينام، وينظف نفسه، ويمارس الجنس، ويتواصل مع الآخرين، وأن يكون لدينا – في مرحلة معينة – فهم عميق لما يكون عليه حالنا لو كنا مكان هذا الحيوان. وقتها سنكون بشرا متلصصين. بل وربما نتمكن من ضبط موجاتنا المخية على موجات الحيوانات المخية، وبذلك نعيش نوعا غير مسبوق من التناغم بين الأنواع، ومن الواضح أن هذا أقصى ما في ألعاب الواقع الافتراضي.

هذه تجارب فكرية رائعة. في غضون السنوات الخمسين المقبلة، ستتوفر التكنولوجيا اللازمة، رغم أن أحدا لن يشأ استخدامها بمثل هذه الطريقة الخيالية. وتكمن الإثارة في التفكير في مقدار ما سنتعلمه عن المخ، وأقصد المخ البشري ومخ المخلوقات المفكرة الأخرى. ما يشغلنا هنا هو أن تكنولوجيتنا تنطلق بنا إلى عوالم مجهولة ذات عواقب أخلاقية غير واضحة. فإذا استبدلنا بعض أجزاء المخ، أو فعّلنا عمل الجينات أو أبطلناه، فمن سيكون مسؤولاً عن العواقب؟ العالِم؟ الطبيب؟ الحيوان الذي استخدم جزء منه ليتمتع إنسان ما بحياة أفضل؟ وإذا تمت الموافقة على أبحاث الخلايا الجذعية، وأمكن زرع مختلف أجزاء المخ، فهل ينبغي أن يتمكن أي إنسان من إجراء عملية استبدال؟ إذا ما أريد للعلم أن يستفيد من الطاقة الإبداعية للمساهمين فيه، فلابد أن يدعم المناخ الفكري عمليات الاستكشاف الراديكالية بل والخطيرة، ولكن يجب أن يدرك العلماء – أيضاً – العواقب الأخلاقية المحتملة لأفعالهم، وهذه تتضمن دراسات على غير البشر. إن سر الصواب والخطأ – كما أورد جورج برنارد شو في مسرحيته "الرائد باربارا" (Major Barbara) – "حيّر جميع الفلاسفة، وأربك جميع المحامين، وشوّش جميع رجال الأعمال، ودمّر معظم الفنانين" وكان بإمكانه أن يضيف العلماء الذين يجب عليهم الاستمرار في النضال في سبيل التمييز بين ما هو كائن في نتائجهم، وما ينبغي في استنتاجاتهم.

مارك دي. هاوزر (Marc D. Hauser): عالم متخصص في علم الأعصاب الإدراكي، وأستاذ بقسم علم النفس وبرنامج العلوم العصبية بجامعة هارفارد، وزميل مبادرة العقل والمخ والسلوك في هارفارد. ألّف "نشوء التواصل" (Evolution of Communication) و"تصميم التواصل الحيواني" (The Design of Animal Communication) بمشاركة إم. كونيشي (M. Konishi)، و"عقول وحشية: ما تفكر فيه الحيوانات في الحقيقة" (Wild Minds: What Animals Really Think).

أليسون جوبنيك
ما سيتعلّمه العلماء من الأطفال

اكتشف علماء «ناسا» (NASA) سنة 1977 كيف يمكنهم تأكيد أو نفي وجود ماء على كوكب المريخ في يوم من الأيام، وذلك بتحليل الضوء المنعكس من صخور الكوكب. فالماء يترك آثار كربونات على الصخور، وهذا يؤثر على الطيف الضوئي المنعكس منها. فقد تمكن العلماء من العمل بالرجوع إلى الوراء مبتدئين بالبيانات المتاحة عن الضوء، مروراً بالكربونات وانتهاءً بوجود الماء. في تلك السنة وعلى بعد أميال قليلة في إحدى رياض الأطفال في بيركلي، اكتشف – وبالقدر نفسه من الإثارة – طفلٌ في الرابعة من عمره اسمه كيفين كيفية عمل آلة جديدة. فعند وضع توليفات معينة – دون غيرها - من المكعبات (block) على الآلة تعزف موسيقى. عمل كيفين راجعا إلى الوراء انطلاقا من هذه البيانات للتوصل إلى المكعبات التي تشغل الآلة، واستخدام هذه المعلومات لجعل الآلة تعزف الموسيقى. سوف يتسنى لنا خلال الخمسين سنة المقبلة فهم كيف تمكّن كل من كيفين وعلماء الصواريخ في ناسا من إنجاز هذين الاكتشافين المذهلين، وسوف تغير الإجابة على هذا السؤال طريقة تفكيرنا في العلم والطفولة والمخ بل وربما الجينات.

يعرف البشر كماً هائلاً عن العالم من حولهم. فنحن نعرف الصخور والأمواج ومحامص الخبز، وعن الأرانب والنخيل ونباتات البطونية (petunia) المنزلية، وعن الآباء والأمهات والأطفال وأطباء الأسنان، أي عن عدد لا يحصى من مجموعات الأشياء والنباتات والحيوانات والأشخاص، وهي معرفة تتسم عموما بدقة مذهلة. فنحن نطرح تنبؤات جيدة بشكل لافت حول كيفية عمل محمصة الخبز ونباتات البطونية وأطباء الأسنان، ونستخدم هذه التنبؤات يوميا عندما نضغط زر "اخبز" أو نضيف المزيد من السماد أو نحدد موعدا. لم نكن نعرف كل هذا

عندما وُلدنا، بل تعلمناه لاحقا بطريقة أو بأخرى.

نكتسب أيضاً معرفة بأمور تخرج عن إطار خبرتنا اليومية، مثل صخور المريخ والفيروسات والخلايا العصبية، وتتسم هذه المعرفة - أيضاً - بدقة مذهلة، دقة كافية للقضاء على - أو على الأقل تخفيف آثار — قديمة مثل الجدري والاكتئاب، ناهيك عن الصلع والعجز الجنسي والشقيقة.

ولكن كيف تسنى لنا معرفة كل هذا؟ ولا ننس أن المعلومات الوحيدة التي تصلنا مباشرة من العالم هي نمط من فوتونات متناهية الصغر تصطدم بشبكياتنا، وذبذبات هوائية تهتز عند طبلات آذاننا. كيف يمكننا الوصول إلى الحقيقة من خلال هذه المعلومات المحدودة والمفككة؟ قد تبدو "الحقيقة" فكرة كبيرة وميتافيزيقية، ولكننا جميعا نعرف عددا كبيرا من الحقائق اليومية، مثل أن الحرارة تحمّص الخبز، والماء يجعل النباتات تنمو، وعدم الالتزام بالمواعيد يضايق أطباء الأسنان. من منظور نفسي، معرفتنا بهذه الحقائق لافتة ومحيرة مثل معرفتنا بحقائق علم الفيزياء النظري أو الفلك. فكيف لسلسلة من التفاعلات المتبادلة بين شيء مادي من نوع ما (جسم يعلوه مخ) وأشياء مادية أخرى (مثل محمصة الخبز أو نباتات البطونية أو أطباء الأسنان) أن تتسبب في معرفة شيء ما بشيء آخر؟

جعلت السنوات الخمسون الأخيرة من علم نفس النمو من هذا السؤال أكثر تحييرا. فقد أتاحت لنا الطرق الجديدة فهم عقول الأطفال أكثر من أي وقت مضى، إذْ يتبين أن الرضّع والصبية يعرفون ويتعلمون أكثر مما كنا نظنه ممكنا في يوم من الأيام، وببلوغهم الثالثة أو الرابعة يكونوا قد تعلموا جميع الحقائق الأساسية عن كيفية عمل العالم. لابد من نظرية تعلّم وتشرح لنا كيف يستطيع الأطفال الصغار الذين لا يقدرون بعد على القراءة أو الكتابة أو حتى الكلام بشكل جيد تعلّم هذا القدر الكبير وبهذه السرعة. فلا يمكن أن نعزو قدرتنا على التعلّم إلى التعليم أو التدريب أو إلى المؤسسات الاجتماعية المتطورة، بل يبدو أن هذا جزء أساسي من طبيعتنا البشرية.

عرفنا من خلال العلوم الإدراكية (cognitive science) على مدى السنوات الخمسين الماضية كثيرا عن كنه معرفتنا بالعالم، وعن كيفية استخدامنا لتلك المعرفة وكيفية ترميزها في المخ البشري. كذلك فإن علم إدراك النمو (developmental cognitive science) علمنا كثيرا عن كيفية تغير معرفتنا مع تقدمنا في العمر. بيد أننا لم نفهم بعد من أين تأتي تلك المعرفة أو كيف يمكن أن تعطينا صورة حقيقية للعالم الخارجي. لقد تم ترحيل موضوع التعلّم إلى فصل "الألغاز غير المحلولة" الختامي من كتب علم الإدراك، جنبا إلى جنب مع الشعور والحب الرومانسي. لست مقتنعة بأننا سنفهم الشعور فهما أعمق في غضون خمسين سنة، بل إنني أكثر تشككا

فيما يتعلق بالحب الرومانسي، ولكني أعتقد أننا سنحقق تقدما حقيقيا نحو تفسيرٍ علميّ للتعلّم.

يمكن أن نجد نموذجا لهذا التفسير في مجال آخر، يبدو مختلفا تماما، من مجالات علوم الإدراك، وهو حاسة البصر البشرية. وإليك مشكلة البصر: تأمل أنماط الضوء التي تدخل العينين، وتحوّل هذه المعلومات إلى صور دقيقة لأشياء تتحرك في الحيّز البصري. كيف نحلّ هذه المشكلة؟ يبدو أن الناس يفترضون بعض الافتراضات الضمنية شديدة العمومية عن العلاقة بين الضوء الداخل إلى عيونهم والأشياء الموجودة في الحيّز البصري. على سبيل المثال، يبدو أننا نفترض لا شعوريا وعي أن الضوء الداخل إلى شبكية العين عبارة عن إسقاط ثنائي الأبعاد لعالم ثلاثي الأبعاد، ونستخدم هذا الافتراض لحل مشكلة البصر. نحن لا نظن أبدا أننا نعيش على أرض مسطحة، رغم إمكانية ذلك من الناحية المنطقية. في الحقيقة يبدو أن الرضّع وُلدوا وفي أذهانهم هذا الافتراض، فالصغار جدا منهم – على سيل المثال – يبتعدون عن الشيء الذي يبدو متجها نحوهم.

غير أن الأمر المثير للاهتمام في الحقيقة لا يكمن بدرجة كبيرة في كوننا نعرف هذه الحقيقة عن البصر بل في أن افتراض صحة هذه الحقيقة يقودنا لاكتشاف مجموعة من الحقائق الجديدة المتنوعة بشكل لا يصدق. أفترض افتراضا عاما لاشعوريا أن الصورة الواقعة على شبكية عيني إسقاطٌ ثنائي الأبعاد لأشياء ثلاثية الأبعاد، فهذا يساعدني على استنتاج أن مصدر الصورة الموجودة الآن على شبكية عيني لابد وأن يكون قرصان متصلان بقضيب مستقرين على الأرضية بزاوية غريبة. إن معرفة هذه الحقيقة تساعدني بدورها على مجابهة التحدي العملي المستمر دائم التغيّر المتمثل في العثور على نظارة القراءة الخاصة بي.

بالطبع يمكن أن تؤدي بنا هذه الافتراضات أحيانا إلى الخطأ، ولا سيّما إذا كان هناك عالم نفسٍ خبيث يعمل على اختلاق أوهام بصرية. ولكن في كثير من الأحيان تكون هذه الافتراضات صحيحة، وتتيح لنا التوصل إلى الاستنتاجات الصحيحة عن كنه العالم الخارجي.

ولكن كيف للأمخاخ أن تفترض افتراضات؟ الافتراضات التي أتحدث عنها تُترجَم إلى قيود على المخرجات التي يصدرها المخ (أو أي كمبيوتر آخر) عندما يتلقى مدخلات معينة. حينما تطلق شبكية عيني نبضات كهربائية في اتجاه معين، فإن خلايا عصبية معينة فقط دون غيرها تطلق نبضات كهربائية في الاتجاه نفسه. يمكن لعلماء الأعصاب أن يسجلوا مخرجات خلايا معينة في القشرة البصرية عندما ينظر حيوان ما إلى شيء ما، وبذلك يعدّون ما يشبه رسماً بيانياً للدائرة.

يُظهر العمل في مجال علم الأعصاب كيف تعمل هذه القيود فعلياً، وكيف تجرى هذه التحسيبات (computation) في المخ.

شهد علم البصر تقارباً لافتاً بين مختلف التخصصات، فعلماء النفس يخبروننا بأنواع الصور التي نُركّبها وأنواع المعلومات البصرية التي نركّبها منها، ويخبروننا بما ندركه عندما يسقط نوع معين من الضوء على عيوننا. وهذا يحدد المشكلة. ويبين لنا علماء الرياضيات كيف أنه يمكن حل هذه المسألة من خلال افتراض افتراضات معينة شديدة العمومية عن العلاقة بين الأشياء وبين الضوء. أما علماء الكمبيوتر فيبينون لنا كيف يتم تنفيذ هذه الحلول كقيود على تشغيل آلات حقيقية مادية. ويبين لنا علماء الأعصاب كيف يتم تنفيذ هذه الحلول في آلات معينة داخل جماجمنا.

قد تساعدنا استراتيجية مماثلة على فهم كيف نتعلّم، بمعنى تحديد المشكلات التي يمكن لأطفالنا وكبارنا حلها، والتوصل رياضيا إلى الحلول الممكنة لهذه المشكلات بناءً على افتراضات معينة، ورؤية كيف يمكن تنفيذ هذه الحلول في الآلات، وفي نهاية المطاف رؤية كيف تنفّذ في أمخاخنا. شهدت الفترة الأخيرة تقاربا مماثلا بين أفكار جديدة حول التعلّم من تخصصات مختلفة، مثل فلسفة العلوم والذكاء الصناعي والإحصاء وعلم نفس النمو. ويمكن أن يتمخض هذا التقارب في غضون السنوات الخمسين المقبلة عن نظرية علمية مكتملة النمو حول كيفية تعلّمنا.

لنبدأ بمشكلة واحدة على الأقل. كيف نتعرّف على بنية العالم السببية، بمعنى التعرّف على كيف تعمل الأشياء، وكيف يتسبب حدث واحد في وقوع أحداث أخرى؟ من الواضح أن هذه مشكلة مهمة في ممارسة أي نوع من العلوم، ولكنها مشكلة مهمة - أيضاً - حتى بالنسبة للأطفال الصغار جداً.

أثبت علماء نفس النمو أن الأطفال يفهمون العلاقات السببية كثيراً، وأنهم ببلوغ سن الثالثة أو الرابعة يفهمون بعض الحقائق السببية الأساسية التي يفهمها البالغون عن محامص الخبز ونباتات البطونية والبشر. وهم في الخامسة يفهمون أكثر مما كانوا يفهمون، وهم في الثالثة وأقل مما سيفهمون في السابعة، ويبدو أنهم – مثلهم مثل العلماء – بارعون في تعلّم الحقائق السببية الجديدة.

لكن المعرفة السببية واحدة من أسوأ الأمثلة على الفجوة القائمة بين ما نشعر به وما نتعلّمه. إن الفيلسوف ديفيد هيوم (David Hume) هو من صاغ هذه المشكلة في الأصل. فكل ما نراه عبارة عن مصادفات بين الأحداث. وقد يتبع نوعٌ معينٌ من الأحداث دومًا نوعا آخر، فكيف لنا أن

نعرف أن حدثا ما تسبب في وقوع حدث آخر؟ في الحياة الحقيقية، نادرًا ما تتضمن العلاقات السببية مجرد حدثين. فربما تكون هناك عشرات الأحداث المختلفة مترابطة سببيا بطرق معقدة. وفي الحياة الواقعية، ليس معتادا أن يتبع حدثٌ حدثاً آخر على الدوام. علاوة على ذلك، قد لا نعرف دائما أي الحدثين سبق الآخر. هذا اللايقين والتعقيد يضفيان تعقيدا على المشكلات السببية، حتى اليومية منها. هل انطلق الدخان من ملفّ المحمصة وأحرق الخبز، أم أن كِسَر الخبز المحترق هي التي أطلقت الدخان من الملفّ؟ كل ما يمكننا رؤيته هو فوضى متزامنة.

هل من وسيلة لحل هذه الفوضى؟ بديهيا هناك شيئان بمقدورنا أن نفعلهما، فيمكننا إجراء سلسلة من التجارب، ويمكننا مثلاً ضبط مؤشر الحرارة على درجة عالية دون وضع أي خبز في المحمصة، أو بعثرة كِسَر خبز محترق على الملف مع الإبقاء على درجة الحرارة منخفضة. إذا تعذر إجراء التجربتين يمكننا أن نراقب بدقة كي نحدد متى يُدخّن الملف ومتى لا يدخن. هل لا يدخن إلا عندما تكون درجة الحرارة مرتفعة، سواء أكان هناك خبز محترق في المحمصة أم لا؟ أم أنه لا يدخن إلا إذا كان هناك خبز محترق، سواء أكانت درجة الحرارة مرتفعة أم منخفضة؟

عندما نجري هاتين التجربتين أو نقوم بهذه المشاهدات، نحن بذلك نفترض افتراضات حول كيفية ارتباط نمط المصادفات بين مجموعة من الأحداث بالعلاقات السببية بينها، مثلما نفترض افتراضات عن كيفية ارتباط الصور ثنائية الأبعاد على الشبكية بالأشياء ثلاثية الأبعاد. إننا لا نعتقد أننا نعيش في عالم خالٍ من الأسباب، تمامًا مثلما لا نعتقد أننا لا نعيش على أرض مستوية. وبالطبع كما هو الحال مع البصر، يمكن لأحد الشياطين الهيوميين (Humean) ترتيب هذه المصادفات بطريقة تخدعنا. ولكننا نمضي قدما مفترضين عدم وجود مثل هؤلاء الشياطين، معيدين صياغة ما قاله أينشتين من أن الرب ماكر، ولكنه ليس خبيثا.

بدأت مجموعة من فلاسفة العلوم في جامعة كارنيجي-ميلون (Carnegie Mellon) بقيادة كلارك جلايمور (Clark Glymore) وعالم الكمبيوتر جوديا بيرل (Judea Pearl) وزملاؤه في جامعة كاليفورنيا بلوس أنجلوس بتطوير شكلية (formalism) رياضية تمكننا من تجاوز الحدس، وتعبر عن هذه الافتراضات بطريقة بالغة الدقة. فيمكننا النظر إلى العلاقات السببية من منظور شكلية تسمى المخطَّط الموجه دون دورات (directed acyclic graph)، وتسمى في أحيان كثيرة - أيضاً - شبكة بايزيه (Bayesian network). تبين لنا هذه المخططات كيف يؤثر وجود متغير (مثل حالة الخبز) على متغير آخر (مثل حالة ملف التسخين). الافتراض الرئيس وراء هذه الشكلية هو أنه إذا تسبب حدث في وقوع حدث آخر، إذن فعندما تتغير

قيمة أحد المتغيرات، فسوف تتغير أيضًا قيمة المتغير الآخر على الأرجح. فإذا كانت كِسَر الخبز تتسبب في انطلاق الدخان من ملف التسخين، إذن فوجود الكِسَر ينبغي أن يجعل وجود الدخان أمرًا محتملاً بدرجة أكبر. ويمكننا تمثيل هذه العلاقات السببية كأسهم تصل بين المتغيرات. إن شكلية شبكة بايزيه هذه تُوجِد بعض الافتراضات البسيطة والعامة عن كيفية ارتباط نمط العلاقات السببية – نمط الأسهم – بأنماط المصادفات بين المتغيرات. وإليكم ثلاثة تصويرات بيانية مختلفة للعلاقة بين مؤشر درجة الحرارة والخبز المحترق وملف التسخين الذي ينطلق منه الدخان، تتعلق بالفرضيات السببية الثلاث التي بيّناها:

(أ) مؤشر درجة الحرارة < الخبز المحترق > ملف التسخين الذي ينطلق منه الدخان
مؤشر درجة الحرارة يسبب احتراق الخبز مما يسبب انطلاق الدخان من الملف.

(ب) مؤشر درجة الحرارة < ملف التسخين الذي ينطلق منه الدخان > الخبز المحترق
مؤشر درجة الحرارة يسبب انطلاق الدخان من الملف، مما يسبب احتراق الخبز.

(ج) ملف التسخين الذي ينطلق منه الدخان < مؤشر درجة الحرارة > الخبز المحترق
مؤشر درجة الحرارة وحده يسبب انطلاق الدخان من ملف التسخين واحتراق الخبز.

لكل واحدة من هذه البُنى السببية معانٍ ضمنية مختلفة بالنسبة لأنماط المصادفة بين المتغيرات، وذلك باعتبار افتراضات أساسية عن المصادفة والسببية. هذا ما يسمح لنا باستنباط الاستنتاجات الصحيحة من تجاربنا ومشاهداتنا. على سبيل المثال، إذا كان الافتراض (أ) صحيحا وأبعدنا الخبز المحترق، فينبغي ألا نرى بعد ذلك أية علاقة بين مؤشر درجة الحرارة والملف. وإذا كان الافتراض (ب) أو (ج) صحيحا، فيجب أن تبقى هذه العلاقة قائمة. ولو خفضنا مؤشر درجة الحرارة وحرقنا الخبز عل نحو مستقل، فإن ملف التسخين سوف يدخّن إذا كان الافتراض (أ) صحيحاً، ولكنه لن يدخّن لو كان الافتراض (ب) أو (ج) صحيحاً. ولو رفعنا مؤشر درجة الحرارة، ومنعنا الملف من التدخين، فإن الخبز سيحترق إذا كان (أ) أو (ج) صحيحاً، ولكنه لن يحترق لو كان (ب) صحيحاً. وبالمثل، فإن البُنى السببية المختلفة ستؤدي بنا إلى ملاحظة أنماط مختلفة من المصادفات بين المتغيرات حتى ولو لم نُجرِ التجارب بأنفسنا. يسمح لنا العمل الرياضي بتوضيح جميع هذه العلاقات بين المصادفة والسببية بالتفصيل، وذلك من خلال بُنى أكثر تعقيداً من التي تناولناها هنا.

يوفر لنا هذا العمل الرياضي نوعًا من المنطق السببي. فقد انطلق المنطق الاستدلالي التقليدي

من افتراضات أساسية قليلة عن الاستنتاج وحوّلها رياضيا إلى طريقة لاستنباط نتائج حقيقية من مقدمات منطقية حقيقية. يُقدّم العمل السببيّ الجديد قليلاً من الافتراضات الأساسية عن السببية ثم يقدم طريقة نظامية لاستنباط نتائج حقيقية حول العلاقات السببية من المشاهدة والتجربة.

بدأ علماء الكمبيوتر في تحويل هذه الرياضيات المجردة إلى برامج حاسوبية، يمكنها أن تتعرف فعلا على العالم. إن أحد أكبر الاختلافات بين الكمبيوتر والبشر هو أن برامج الكمبيوتر لا يمكن أن تفعل إلا ما تأمرها بفعله أولا. إن "اختبار تورنج" حقيقيا (اختبار يثبت ما إن كانت الكمبيوترات تشبه البشر أم لا) لا يتطلب من الكمبيوتر فعل الأشياء نفسها التي يمكن لبالغ أن يقوم بها فحسب، بل أيضاً كيف يتعلّم أن يقوم بها بناءً على خبرات طفل.

يترجم علماء الكمبيوتر الافتراضات الرياضية إلى قيود على أنواع المخططات السببية التي ينتجها الكمبيوتر عندما يزوَّد بأنماط معينة من بيانات المصادفة. وقد صمم علماء الكمبيوتر في "ناسا" برامج باستخدام البيانات الرياضية تمكّن روبوتا (robot) من معرفة معلومات عن تكوين الصخور على كوكب المريخ بمجرد النظر إلى البيانات التي يعرضها مقياس الطيف - على سبيل المثال - دون الرجوع إلى الخبراء على الأرض.

ربما يبدو ما قلناه حتى الآن بعيداً عن السؤال الذي انطلقنا منه، فقد أردنا أن نعرف كيف يتعلّم الأشخاص العاديون والأطفال العاديون على وجه الخصوص وليس فقط كيف تستطيع الكمبيوترات والعلماء وخبراء الإحصاء التعلّم. بدأت تظهر أدلة على أن جميع المتعلّمين يمكن أن يقدموا الافتراضات الرياضية نفسها عن العلاقة بين السببية والمصادفة. فقد اكتشف علماء النفس، الذين يبحثون في الطرق التي يتوصل بها البالغون إلى حلّ المسائل السببية، بعضاً الأنماط الرياضية نفسها التي اكتشفها الباحثون في الفلسفة.

بدأ علماء النفس يكتشفون أن الأطفال الذين لم يتجاوزوا الثانية من أعمارهم يستخدمون هذا النوع من المنطق السببي أيضًا. فيمكن أن نعطي الأطفال مقابلا لمحمصة الخبز عبارة عن آلة تفعل الأشياء بطريقة فيها تعقيد وغموض. في بعض الأحيان نعطي الأطفال أنماطا معينة من الأدلة تتعلق بالآلة، وأحيانًا أخرى نتركهم يجرون تجارب حتى يجدوا الدليل بأنفسهم، ثم نرى ما إن كان بمقدورهم اكتشاف كيفية عملها. من المدهش أن الأطفال بارعون في استنباط الاستنتاجات السببية الصحيحة من البيانات بالطرق نفسها التي تتنبأ بها الشكلية تماماً. إن الأطفال علماء صواريخ حقا. بالطبع يبدو أن هؤلاء الأطفال غير مدركين - تماماً - كيفية توصلهم إلى هذه الاستنتاجات، وذلك على عكس العلماء.

في غضون الخمسين سنة المقبلة، ما إن نتوصل إلى معرفة التحسيبات (computation) التي يجريها الأطفال والبالغون، سنتمكن من النظر إلى أمخاخهم ورؤية كيفية أدائهم إياها. وبما أن طرق تصوير المخ تزداد دقة يوما بعد يوم، وأننا نتعلّم المزيد عن هذه التحسيبات، فسنبدأ النظر في كيفية تصميم أمخاخنا للقيام بها. من المحتمل أن تكون إجابة ذلك السؤال ذات صلة بالإنجازات الخارقة التي ستتحقق في علم الأعصاب. إن أهم شيء في المخ هو قدرته على التغير استجابة لمدخلات من البيئة، ومع ذلك فإن هذا الجانب من جوانب المخ التي لا نعرف عنها إلا القليل. والأمر أشبه بما لو كنا نعرف كل شيء عن التركيب التشريحي للقلوب الميتة، ولكننا نكاد لا نعرف شيئاً عن كيفية قيام القلب الحي بضخّ الدم. الأمخاخ قبل كل شيء أعضاء تتعلّم، وإذا عرفنا كيف يتم التعلّم، فسنعرف شيئًا مهمًا عن كيفية عملها.

الأكثر من ذلك أنه مع مرور الخمسين سنة، ربما يتبين - أيضاً - أن حل مشكلة كيف تتعلم العقول والأمخاخ مرتبطٌ بمشكلة تطورية أكثر عموما، وهي مشكلة التطور البنيوي. هناك مسألة أخرى كبرى من مسائل الألفية التالية غير المحلولة، وهي كيفية تحويل تعليمات الدي إن أيه (DNA) شيئا بسيطا كبويضة ملقحة إلى شيء بالغ التعقيد كطفل حديث الولادة. من بين الدروس المستفادة من الأبحاث الوراثية في السنوات القليلة الماضية هو استحالة أن يكون الجينوم مجموعة مفصلة من التعليمات لخلق كائن حي. إنه ليس مُسَوَّدَة. ولكن كيف يؤدي عمله إذن؟ يبدو أن الجينات لا تعمل من خلال تحديد ستفعله الخلية تحديداً مباشراً بقدر ما تعمل على إطلاق سلسلة سببية من نوع ما في بيئة الخلية تنتهي بالتأثير على هذه الخلية بطرق يمكن التنبؤ بها. فالجينات التي تحدد التكوين الجنسي على سبيل المثال تفعل ذلك من خلال إنتاج التيستوستيرون الذي يمارس عندئذ عمله على الكائن الحي بطريقة معقدة. وفي بعض الأحيان تُطلق العنان للشياطين، ويتبين أن البيئة مختلفة عما كانت "تتوقعه" الجينات، فينحرف النظام. ولكن هذه البيئة يمكن التنبؤ بها عادةً، ويستغل الجينوم هذه الإمكانية لإنتاج كائن حي معقّد.

ربما يفيدنا النظر إلى تعليمات الدي إن أيه باعتبارها تشفير لافتراضات عامة ضمنية عن التفاعل بين الخلايا وبيئاتها، وغالباً ما تكون خلايا أخرى وذلك قبل الولادة وبعدها. ففي الحالة النفسية، تتيح لنا الافتراضات الضمنية حول علاقاتنا ببيئتنا بناء هياكل معقدة تتكيف بشكل لافت مع تلك البيئة. إننا نفهم على الأقل أن هذه المقاربة العامة ربما تنطبق - أيضاً - على الحالة البيولوجية.

على الرغم من ذلك، ربما يتمثل أعظم إنجاز يمكن أن تقدمه لنا نظرية موحدة للتعلّم

في إثبات أن أبرع العلماء والصبيةَ العاديين - تماماً - منخرطون في المسعى نفسه. ففي نهاية القرن الماضي، أصبحت المعرفة العملة صاحبة أعلى قيمة، كالأراضي في الاقتصاد الإقطاعي أو رأس المال في الاقتصاد الصناعي. يجب أن يقول لنا علم التعلّم الجديد إن المعرفة ليست مجرد جائزة يتم إحرازها من خلال نضال يائس - عبر خوض الامتحانات - على وظيفة في الحكومات المعاصرة. بل على العكس، فالمعرفة – ببساطة ودون خطابية – هي حقنا الإنساني.

أليسون جوبنيك (Alison Gopnik): أستاذة علم النفس بجامعة كاليفورنيا في بيركلي، ورائدة عالمية في مجال تعلّم الأطفال، ومن أوائل المتخصصين في العلوم الإدراكية الذين بينوا كيف يمكن لعلم نفس النمو المساعدة على حل المشكلات الفلسفية القديمة. ألّفت "الكلمات والأفكار والنظريات" (Words، Thoughts and Theories) بمشاركة أندرو ميلتزوف (Andrew Meltzoff)، و"عالم في المهد: العقول والأمخاخ وكيف يتعلم الأطفال" (The Scientist in the Crib: Minds، Brains، and How Children Learn) بمشاركة باتريشيا كول (Patricia Kuhl) وأندرو ميلتزوف.

بول بلوم

نحو نظرية للنمو الأخلاقي

يفاجأ الطلاب الجامعيون الذين يدرسون علم النفس للمرة الأولى - عادة ما تكون الدراسة عبارة عن مقرر عام - بمدى الشعور بالملل الذي يثيره في أنفسهم. فهم يدخلون قاعة الدرس والأمل يحدوهم أن يتعلموا كيف تعمل عقولهم، إضافة إلى ما يحملونه من أفكار غامضة عن موضوع هذا العلم، من أحلام وشعور وشر وجنون وحب. فنراهم في نهاية الفصل الدراسي يخرجون وفي أذهانهم تتردد ذكريات مبهمة عن المشابك العصبية المثبطة (inhibitory synapses)، وكلاب بافلوف (Pavlov)، وفئران سكينر (Skinner)، وبعض تجارب علم النفس الاجتماعي المسلية والمزعجة، وأحدث تصنيفات الأمراض العقلية، ولكن دون أن يتوصلوا إلى أجوبة على الأسئلة التي أثارت حماسهم، بل والأسوأ من ذلك أنهم يخرجون وقد تملكهم شعور بأن أحداً لم يعد يطرح هذه الأسئلة.

يصدق هذا الوصف حالياً بدرجة أقل على الوضع منذ عقد مضى، وهناك مؤشرات كثيرة تدل على أن علم نفس منتصف القرن الحادي والعشرين لن يكون مملا بأي حال، بل سيكون واسع النطاق غُنيا في نظرياته، وسيجمع بين اكتشافات وطرق وأفكار من ميادين متنوعة، من بينها علم الأحياء النشوئي وعلم الإنسان الثقافي وفلسفة العقل. بعبارة أخرى نقول إن علم النفس بعد خمسين سنة من اليوم سيبدو أشبه كثيرا بعلم النفس الذي عهدناه قبل ما يزيد على مئة سنة، قرب نهاية القرن التاسع عشر.

كانت تلك أوقات مثيرة في ذلك الحين. فقد كتب تشارلز داروين (Charles Darwin) يقول في نهاية كتابه "أصل الأنواع" (On the Origin of Species) المنشور سنة 1859: "أرى في المستقبل البعيد مجالات مفتوحة لأبحاث أكثر أهمية بكثير. سوف يقوم علم النفس على أساس

جديد هو الاكتساب الضروري لكل قوة وقدرة فكرية بالتدرج". وكان داروين قد كتب قبل ذلك بعشرين سنة في مفكراته الخاصة يقول: "من يفهم السعدان سيساهم في الميتافيزيقيا أكثر مما ساهم بها لوك (Locke)". حاول داروين أن يُوفي بهذا الوعد في كتابين لاحقين هما: "أصل الإنسان والانتخاب الجنسي" (The Descent of man and Selection in Relation to Sex)، والذي كان في معظمه محاولة لشرح الاختلاف النفسي بين البشر والحيوانات الأخرى، وبعد ذلك بسنة "التعبير عن العواطف لدى الإنسان والحيوانات" (The Expression of the Emotions in Man and Animals)، الذي مازال يتمتع بأهمية كبيرة لدى المهتمين بعلم نفس وفسيولوجيا التعبيرات العاطفية.

سنة 1890، نشر وليَم جيمس (William James) "مبادئ علم النفس" (The Principles of Psychology) الذي يمثل نظرة عقلية طموحة ذات خصوصية، ويلخص أفضل ما وصل إليه العلم في ذلك الحين. في الوقت نفسه ومن اتجاه مغاير تماما، كانت هناك أعمال سيجموند فرويد (Sigmund Freud)، الذي يتمتع بمكانة غير مستقرة في علم النفس المعاصر، سواء السريري أم التجريبي، رغم تأثيره المستمر في العلوم الإنسانية، وربما يبرز في المقرر التعريفي المعاصر كموضوع ذي أهمية تاريخية فحسب، إن لم يكن كهدف للسخرية. ولكن أُفقه الفكري وحماسه وطموحه كان فوق العادة. وكمثال واحد فقط للتدليل على ذاك، إليكم أوائل الكلمات التي استهل بها كتابه "تفسير الأحلام" (Interpretation of Dreams) المنشور سنة 1899: "سوف أثبت في الصفحات التالية وجود طريقة نفسية تمكّننا من تفسير الأحلام، وأنه عند تطبيق هذه الطريقة، يتبين أن كل حلم عبارة عن بنية ذهنية ذات معنى يمكن إعطاؤها مكانا محددا فيما يجري في يقظتنا". لقد كانت روح برنامج فرويد البحثي الأوسع (هدفه المتمثل في علم عقلي موحد قائم على تفاعل العمليات اللاشعورية) تتفق بشكل كبير جدًا مع عمل داروين وجيمس.

خلال السنوات المائة التي تلت ذلك، صار علم النفس معزولاً ومنفصلاً عن المجالات الأخرى، ولا سيما الفلسفة وعلم الأحياء النشوئي. كان علم النفس يسعى لأن يكون علماً، ومن نتائج هذه المحاولة الحركة السلوكية، وهي الحركة التي هيمنت على علم النفس الأمريكي في القرن العشرين. تفترض السلوكية – رافضة مفهوم جيمس القائل بأن علم النفس هو "علم الحياة العقلية" – أن السلوك المشاهَد وحده هو الذي يمكن دراسته موضوعيا، وأن السلوك بأكمله تقريبا هو نتيجة للتعلم، وأنه لا يوجد اختلاف يستند إلى مبادئ في كيفية قيام مختلف الأنواع (البشر مثلاً مقابل الفئران) بهذا التعلم.

اندثرت السلوكية اليوم كما اندثرت نظريات أخرى، ويرجع ذلك – إلى حد كبير – إلى ثبوت خطأ جميع هذه الفرضيات. فرغم الإنجازات المنهجية الكبيرة التي انبثقت عن برنامجها البحثي (عبارة عن طرق مفيدة لاختبار القدرات العقلية لدى الحيوانات غير الناطقة كالفئران والرضّع)، لم يتحقق إلا عدد قليل من الاكتشافات الباقية ذات الصلة بدراسة البشر. أما الحركة السائدة في علم النفس اليوم فهي علم النفس الإدراكي الذي يقدم تحليلا حاسوبيا للحياة العقلية، وذلك – كما هو الحال مؤخرا – من منظور ديناميكيات المعالجة الموزعة المتوازية، أو الشبكات العصبية. كان هذا البرنامج البحثي أكثر نجاحا بكثير، ولكن نجاحه اقتصر إلى حد كبير على المجالات التي يمكن نمذجتها على الحاسوب بسهولة. وهكذا نحن لدينا كمية هائلة من الأبحاث حول لعب الشطرنج والتفكير الاستدلالي والتعرف على الأشياء وفهم اللغة ومختلف أشكال الذاكرة، ولكن العواطف والسلوك الجنسي والدافع والشخصية وأمثالها أقصيت بدرجة كبيرة إلى المجالات التطبيقية مثل علم النفس السريري.

بدأ كل هذا يتغير، والسبب الرئيس هو التفاعل المتزايد مع المجالات الأخرى. وليس من قبيل المصادفة أن بعضا من أكثر أفكار علم النفس تأثيرًا جاء من خارج هذا المجال، من فلاسفة مثل دانييل دينيت (Daniel Dennett) وجيري فودور (Jerry Fodor)، ومن المنظّرين النشوئيين مثل وليام هاملتون (William Hamilton) وروبرت تريفرز (Robert Trivers)، ومن اقتصاديين وأنثروبولوجيين ولغويين. ولا ريب أن اللغويّ نعوم تشومسكي (Noam Chomsky) من أكثر العلماء المؤثرين في مجال علم النفس، إذْ كان هجومه سنة 1959 على كتاب «السلوك اللفظي» (Verbal Behavior) الذي وضعه سكينر ضربة قاصمة للحركة السلوكية.

جمعت واحدةٌ من الصلات المثيرة للاهتمام بين التخصصات كلا من علم النفس وعلم الأحياء النشوئي. ففي السنوات الأخيرة تنامى قبول الفكرة الداروينية بأن المخ – كأي عضو حيوي آخر – نشأ من خلال عملية انتخاب طبيعي، ومن ثم يمكن فهم قدراته جيدا كعمليات تكيّف وآثار لعمليات التكيف. ربما يبدو هذا واضحًا للبعض، وهو يقينا ليس مثار جدل في بعض مجالات علم النفس الإدراكي. لم يخامر العاملين في مجال الإدراك البصري أي شك في أن العيون نشأت بهدف الرؤية مثلاً، ولكن في مجالات علم النفس الأخرى، ينظر إلى الحديث عن النشوء باعتباره غير لائق أو ساذجا أو مشتبها سياسيا. فعندما صدر كتاب «علم الأحياء الاجتماعي» (Sociobiology) لإي. أوه. ولسون (E. O. Wilson) سنة 1975، كمحاولة حديثة لتطبيق الفكر النشوئي على مجالات كالعدوان والجنس والإيثار، كان رد الفعل عدائيا بلا جدال. ولكن

خلال العقد الماضي ظهر تخصص علم النفس النشوئي (وهو حقل يجمع بين العلوم الإدراكية المعاصرة وعلم الأحياء النشوئي) بدعم علماء من أمثال ليدا كوسميدس (Leda Cosmides) وجون توبي (John Tooby) من جامعة كاليفورنيا في سانتا باربارا.

ثبت أن كثيراً من المقترحات المنبثقة من هذا الإطار مثار جدل، وإن كان البرنامج البحثي نفسه يلقى قبولا متزايداً لدرجة أنه من المحتمل أن يندثر كمجال مستقل من مجالات علم النفس. في الخمسين سنة المقبلة، سيكون "علم النفس النشوئي" مفارقة تاريخية لأن العنوان يوحي بأن هناك مجالا آخر من مجالات علم النفس لا يراعي اعتبارات الميزة الانتخابية، والتصميم المتكيّف وغيرها. (أهو علم نفس خَلقي؟) سيكون هناك دوما علماء نفس أقل اهتماما بالنشوء، تمامًا كما أن هناك آخرين لا يعيرون اهتمامًا لكيفية عمل المخ أو حدوث النشوء، ولكن حقيقة أن اعتبارات النشوء موجودة، إلى جانب اعتبارات علم الأعصاب والنموّ، كمصدر للأدلة في دراسة علم النفس لن تكون مثار جدل بعد ذلك.

سيكون علم نفس الخمسين سنة المقبلة أغنى في نواح كثيرة، نتيجة لإعادة توحده مع المجالات الأخرى. عُني علم النفس – تقليديا - بدراسة مجتمعين هما طلاب الجامعة الجدد والفئران البيضاء. ولكن يوما بعد يوم، يصير الباحثون – على الأقل مصادفة – على دراية بالبحوث التي تجرى على مختلف الأنواع، ليس بدافع اعتقاد ساذج بأن العقل هو ذاته حيثما كان، بل كطريقة للنظر إلى نشوء الأنظمة العقلية. وهم كذلك ينظرون إلى مراحل مختلفة في العمر، وأشكال الأمراض العقلية، والاختلافات بين الثقافات، وغيرها، وذلك كطريقة طبيعية لاستكشاف بنية الحياة العقلية وعملياتها. وهذا التنوع في الطرق هو اليوم المعيار بالنسبة للميادين التي تتعامل مع الذاكرة والإدراك، ولكنه سيصير أكثر شيوعا في الميادين "الرخوة" مثل علم النفس الاجتماعي وعلم نفس الشخصية.

تأمل مثلاً دراسة الفكر والعمل الأخلاقي، التي كانت أحد المجالات الهامة للاستقصاء النفسي. والحقيقة أنها كانت محل اختلاف بين داروين وجيمس. فقد سعى داروين في "أصل الإنسان" إلى تفسير الأخلاق الإنسانية باعتبارها زيادة عامة في الذكاء البشري مكّنتنا من التسامي على ردود الأفعال العاطفية لأسلافنا من الرئيسات لتقدير مفهوم السلوك الأخلاقي ومفهوم الميثاق الأخلاقي الذي يمكن تطبيقه بطريقة عادلة وموضوعية. أما جيمس فكانت له وجهة نظر مغايرة دافع عنها في كتابه "المبادئ" (Principles)، وهي أن النواحي الفريدة التي تميز الطبيعة الإنسانية مجرد نتيجة لإضافة الغرائز الاجتماعية كالخجل والتكتم التي يفتقر إليها

الحيوان. أما معاصر داروين، ألفريد راسيل والاس (Alfred Russell Wallace)، فكانت له وجهة نظر ثالثة، إذ كان يرى أن الإيثار البشري لغز وجوده بحد ذاته يدحض نظرية الانتخاب الطبيعي من حيث تطبيقها على العقل البشري. عموما، صار وجود الإيثار والأخلاق — كان البحث فيهما حكرا على الفلاسفة واللاهوتيين — القضية المحورية لعلم النفس النشوئي.

ولكن ربما لا يسمع دارسو مناهج علم النفس التمهيدية شيئاً عن هذا الأمر، بل كرسوا بدلاً من ذلك ساعات عديدة لموضوعي تعلّم المتاهات عند الفئران والتشريح العام للجهاز العصبي عند الرئيسات. إن مجال تخصصي هو علم نفس النمو، ومن المذهل أن الكتب التعليمية الجيدة في هذا المجال تفرد مساحة لتعلّم اللغة (وهو مجال يحظى بالعديد من المجلات والمؤتمرات) أكبر من المساحة التي تفردها للنمو الأخلاقي (بمعنى كيف يصير لدى الأطفال مفاهيم ناضجة معينة عن الصواب والخطأ وكيف تؤثر هذه المفاهيم في سلوكهم).

لا توجد مؤامرة هنا، فالاستخفاف بالنمو الأخلاقي مرجعه معرفتنا الضئيلة به، لا لأننا لا نهتم بدراسته. والحقيقة أن دراسة النمو الأخلاقي ذات أهمية عملية شديدة.

فالأبوان يريدان معرفة كيف ينشئان أولادهما تنشئة صالحة، وأفراد المجتمع المسؤولون يريدون تنظيم بيئة الناشئة (من تعليم وغيره) لتنشئة جيل صالح. تبدو هذه الرغبات عامة، رغم اختلاف الناس بالطبع على التعريف الدقيق لما هو صالح وأخلاقيّ. وهكذا فنحن نريد معرفة الإجابة عن هذه التفاصيل: هل يضرّ الضربُ بالأطفال؟ وما آثار الألعاب الإلكترونية العنيفة أو أفلام العنف؟ وهل من مصلحة الأطفال أن ينشّئهم الأبوان لا أحدهما؟ وكيف يؤثر إيداع الأطفال في الحضانة على أمزجتهم وتعاطفهم؟

نحن لا نعرف الإجابة على أيّ من هذه الأسئلة على الرغم مما نقرأه في التقارير الصحفية والمجلات الإخبارية التلفزيونية. هناك بعض التخمينات الصادرة عن مثقفين، ولكن كل ما نعرفه في الأساس هو أن الأطفال الذين ينشّئهم أبوان صالحان أقرب لأن يكونوا صالحين ممن ينشئهم أبوان طالحان. ولا يهم كثيرا كيف نقيس هذا. فسواء أكان "الطلاح" يعني سوء المعاملة أو إدمان المسكرات أو الفصام أو عدم حضور مجالس الآباء، فإن خطايا الأبوين غالبا ما تنعكس على الأولاد، وإن كنا لا نعرف السبب. ربما تكون هذه الظاهرة من آثار التنشئة. فالتنشئة على يد أبوين عدوانيين على سبيل المثال قد تجعل الأولاد أكثر عدوانية. أو يمكن أن تكون صفة منقولة وراثياً بحيث تقوم علاقة بين عدوانية الأبوين وعدوانية الطفل حتى وإن لم يلتقيا أبداً. وربما تكون من تأثير الطفل على أبويه، فالطفل العدواني يثير على الأرجح غضباً وعنفاً لدى وليّ أمره. وهناك

احتمالات أخرى أيضاً، إذ يُحتمل. بالطبع. وجود تفاعل معقد يلعب دوراً في هذا الصدد.

أثناء كتابتي لهذه المقالة نُشر تقرير يتضمن دراسة مستفيضة لآثار مشاهدة التلفزيون على 570 مراهقٍ، تم تسجيل عادات مشاهدة التلفزيون لديهم وهم في الخامسة، ثم بعد عشر سنوات تم فحصهم لقياس درجات التحصيل والعدوانية والتدخين والمؤشرات المشابهة. فالأطفال الذين كانوا يشاهدون كثيراً من البرامج الثقافية في فترة ما قبل المدرسة، مالوا – كمراهقين – إلى تحقيق درجات أعلى، والتدخين بدرجة أقل، والتصرف بعدوانية أقل من الأطفال الذين كانوا يشاهدون كثيرا من برامج العنف في مرحلة ما قبل المدرسة. يفيض التقرير بمضامين السياسة التي تنسجم جيدا مع الفطرة السليمة، فالبرامج التعليمية جيدة، وبرامج العنف سيئة، ومن ثمّ علينا الإكثار من الصنف الأول والإقلال من الصنف الثاني.

غير أنه يتوارى في الجزء النقاشي في التقرير اعترافٌ من قبل مؤلفيه بأن هناك تفسيرًا آخر للنتائج التي توصلوا إليها. فلا ننس أننا نعرف أن بعض الأطفال في سن الخامسة ميالون للعنف أكثر من غيره، وبعضهم خجول، وبعضهم يحب الحيوانات، وآخرون يحبون الرياضة، وما إلى ذلك. لقد اختار الأطفال الذين شملتهم الدراسة البرامج التلفزيونية التي يشاهدونها. فالمفترض أن المولعين بالقراءة والأمور الفكرية سيشاهدون على الأرجح "شارع سمسم" (Sesame Street) و"جوار مستر روجرز" (Mister Rogers' Neighborhood)، في حين يميل الأطفال العدوانيون إلى مشاهدة برامج عنيفة. وهكذا فإن ما قد تفصح عنه الدراسة هو وببساطة أن أطفال ما قبل المدرسة العدوانيين يميلون لأن يصبحوا مراهقين عدوانيين، وأطفال ما قبل المدرسة المولعين بالقراءة يميلون لأن يصبحوا مراهقين مولعين بالقراءة، وهذا – من جديد – أمر نعرفه منذ زمن بعيد، وقد لا يكون للتلفزيون أي علاقة به.

أو لعل للتلفزيون أثر. خلاصة القول أننا لا نعرف فحسب. إننا لا نحتاج إلى مزيد من الدراسات فحسب، بل إلى نظرية للنمو الأخلاقي تستفيد مما أُنجز من عمل في التخصصات الأخرى، ولا سيما علم النفس الإدراكي ونظرية النشوء. نحن بحاجة إلى نظرية للنمو الأخلاقي على مستوى الثراء الفكري لنظرياتنا الخاصة بالنمو اللغوي والنمو الإدراكي. عندها فقط يمكننا أن نتصدى بشكل معقول لقضايا السببية والمنع.

هل سنتوصل إلى هذه النظرية خلال الخمسين سنة المقبلة؟ أنا مستبشر حتى الآن، فسوف يصبح علم النفس أكثر تشويقا، وتذوب الحواجز الاعتباطية بين التخصصات، ويتوسع نطاق الدراسة، وهكذا، وهذا كله خير. لكن السؤال عن مدى التقدم الذي سنحرزه في حل المشكلات

الأعمق، مثل الفكر الأخلاقي أو الوعي، يظل دون جواب. هناك المشككون من أمثال نعوم تشومسكي والفيلسوف كولين ماكجين (Colin McGin)، ولا ننس أننا في النهاية بشر، ولسنا ملائكة، وكما أن هناك أشياء نستطيع فهمها، لابد أن هناك أشياء لا نستطيع فهمها. ربما يكمن السبب في أن طبيعة الفكر الأخلاقي والوعي تتجاوز ببساطة قدرتنا على الفهم، لا لأن لها وضعا خاصا غامضا، بل لأننا لا نمتلك قدرا كافيا من الذكاء لفهم مثل هذه الأشياء. وربما نكون مثل الكلاب التي تحاول فهم التفاضل والتكامل.

ليس ثمة سبيل لمعرفة ما إذا كانت هذه النظرة المتشائمة صحيحة أم لا، ولا بديل عن المضي قدما على أمل أن تكون خاطئة. ولكن الافتقار الواضح إلى التقدم حتى الآن يجب أن يؤدي إلى شيء من التواضع من جانب علماء النفس، ولا سيما فيما يتعلق بصياغة سياسة اجتماعية. إن الافتقار إلى التقدم هو سبب عدم حديثي عن الفوائد العملية التي سيتمخض عنها علم النفس في السنوات الخمسين المقبلة، وهو إغفال قد يبدو غريبا. ألا ينبغي أن نتوقع أن يشفي علم نفس المستقبل المرضى العقليين، ويعالج التعاسة، ويتخلص من التحامل والجهل، ويعرّفنا كيف نربي أطفالاً مستقلين سعداء ذوي أخلاق حميدة، وكل ما سواها من الأشياء المحمودة؟ هذا هو الانطباع الذي يتولد بفعل معظم الصحافة الشعبية، وثمّة عدد كبير من علماء النفس الواثقين في قدراتهم، التواقين إلى أموال المِنَح والنفوذ السياسي يفعلون شيئاً كثيراً لتشجيعه.

الحقيقة أن فوائد علم النفس العملية كانت - دائماً - متواضعة. فلو نحّينا بعض الابتكارات السريرية الحقيقية جانباً، ومعظمها انبثق في المقام الأول عن الكيمياء الحيوية وعلم الأعصاب، نجد أن ادعاءات علم النفس المتعلقة بكيفية إدارة المجتمع، ومعاملة المجرمين، وتعليم أولادنا وتنشئتهم، كانت في أحسن الأحوال كلاماً بديهياً، وفي أسوئها تنطوي على أهواء ومخاطر. أذكر على سبيل المثال الادعاء الذي رُوّج له على نطاق واسع في تخصصي بأنك ستفقد طفلك إلى الأبد إن لم تُغرقه بالمثيرات الاجتماعية والإدراكية في سنواته الثلاث الأولى. ومن بين الأمثلة المشابهة فوائد إسماع الرضّع موسيقى موزارت، وأخطار إيداع الأطفال الحضانة نهارا، والأهمية الحاسمة للارتباط بين الأم والطفل في الساعات الأولى من الحياة. الشيء الإيجابي الوحيد الذي يمكننا قوله بشأن هذه المقولات العامة هو أنها تتغير بسرعة. فإذا لم يعجبك ما يقوله علماء النفس حول كيفية تربية طفلك (مقدار التأديب ونوعه، وترتيبات النوم، وما شابه ذلك)، فما عليك إلا الانتظار سنة أو اثنتين وستجدهم يقولون لك شيئاً مختلفاً.

ثمة رؤية متفائلة لعلم النفس في السنوات الخمسين المقبلة وهي أنه سيكون علماً أكثر

نضجاً، يطبق الطرق والاتجاهات النظرية التي أثبتت فعاليتها في مجالات مثل الإدراك الحسي على المجالات التي نفهمها بدرجة أقل مثل الفكر الأخلاقي. ولعلنا في هذه الأثناء نطوّر إدراكا لكيفية عمل عقولنا وثقة في مقاربتنا العلمية بما يكفي للاعتراف وتقدير مدى صعوبة هذه المشكلات ومقدار ما بقي علينا تعلمه.

بول بلوم (Paul Bloom): أستاذ علم النفس بجامعة ييل وخبير مشهود له دوليا في اللغة والنمو. ألّف بالاشتراك مع ستيف بينكر (Steve Pinker) واحدة من أوراق البحث الإبداعية في هذا المجال. وأحد أصغر من حملوا درجة الأستاذية سنا في ييل. نشر له ما يزيد عن خمسين فصلا ومقالة في علم النفس واللغويات والعلوم الإدراكية وعلم الأعصاب. ألّف "كيف يتعلم الأطفال معاني الكلمات" (How Children Learn the Meanings of Words) والكتاب الذي سينشر لاحقا "أجساد وأرواح" (Bodies and Souls).

جوفري ميلر

علم الدقائق

صار كثيرون منا ماديين بخلاء فيما يتعلق بالتفكّر في أنفسنا ككائنات عاطفية. فالمادي البخيل يؤمن بالنظرة القائلة بأن الخبرات الذاتية قد لا تكون حقيقية إذا لم تكن بعد مرتبطة بمناطق معينة في المخ أو الناقلات العصبية أو الجينات. ويفترض هؤلاء أننا لو عثرنا على المنطقة المعيّنة في المخ المرتبطة بنوع معين من الألم، فسيكون ذلك الألم حقيقة مثبتة علميّا، أما إذا لم نتمكن بعد من العثور على المنطقة المخية المرتبطة بالغيرة الجنسية أو الخوف الوجوديّ، فإن هذه العواطف قد لا تكون «حقيقية»، وينبغي أن ننظر إليها بارتياب. كذلك الأمر إذا وجدنا قصورا في النواقل العصبية في الفصام، كان هذا اضطرابا طبيا حقيقيا، أما إذا لم نجد مثل هذا القصور في سرعة الانفعال، فذلك إذن ليس اضطرابًا حقيقيًا بل مجرد خلل في الشخصية أو عادة ذميمة.

يفتقر الماديون البخلاء إلى الثقة ليس في وعيهم فحسب، بل في التقدم المستقبلي لمذهبهم المادي، والنتيجة أنهم يقدسون علم الأعصاب تقديسًا أعمى، راجين مصادقته على جميع الأشياء الذاتية. وبما أن علم الأعصاب ما زال في طور الطفولة، فإن هذا الاعتماد المبالغ فيه على فعاليته الحالية المحدودة يتمخض عن رؤية طفولية للطبيعة البشرية، يبدو الناس فيها بمثل بساطة الصور الكارتونية بملامحها البدائية وألوانها الأساسية.

أما الماديون الكرماء من أمثال تشارلز داروين (Charles Darwin) ووليَم جيمس (William James) فقد تبنوا رؤية مختلفة تماما، وهم على ثقة بأن دقائق الفكر والشعور مقرها النشاط المخي. وإيمانا منهم بالمادية العلمية والوعي البشري على السواء، كانوا كرماء في ردّ الخبرة الذاتية الثرية إلى النوع البشري بمخه المعقد. أتوقع خلال السنوات الخمسين المقبلة

أننا جميعًا سنصبح أكثر كرمًا في ماديتنا على غرار داروين وجيمس. وبرسم علم الأعصاب خرائط للمزيد من دقائق الوعي البشري، ستلقى هذه الدقائق قبولا وتقديرا بمزيد من طيب النفس، مما يصبّ في مصلحة علاقاتنا ومجتمعنا. تميل المادية البخيلة إلى جعل الناس أنانيين متغطرسين؛ لأن علم الأعصاب لا يحمل محمل الجدّ إلا القدرات والانفعالات البدائية التي نشترك فيها مع الحيوانات، أما قدراتنا التي ارتقت مؤخرا والتي تميزنا كبشر (مثل الإبداع والحنان والمرح والخيال) فلا تُدرَس دراسة وافية في مختبرات تصوير المخ. سوف تجعلنا المادية الكريمة أكثر تعاطفا وتواضعًا، وسندرك أن عقولاً وأمخاخا أخرى تشاركنا كل ما في خبرتنا من ثراء ذاتي.

سيتمثل السبيل إلى هذه الرؤية المعدّلة الأكثر خيراً للطبيعة البشرية في تطوير تكنولوجيات جديدة لرسم خرائط للنشاط العصبي وأنماط تفعيل الجينات في المخ، لتخبرنا بدقّة بما يجري في رؤوسنا، لا عندما نقوم بالمهام الإدراكية البسيطة التي لا تنتابنا مشاعر خاصة تجاهها فحسب، بل عندما نشارك في التفاعلات الاجتماعية المعقدة التي تثير عواطفنا الأكثر إنسانيةً. ومع إثبات تكنولوجياتنا الجديدة تعقيدات أفكارنا ومشاعرنا وتفاعلاتنا إثباتا موضوعيا، سوف يطور العلم رؤية أدق، ليس للتعقيدات النفسية داخل كل شخص فحسب، بل للفروق بين الأفراد أيضًا.

منذ قرن من الزمان كنا مضطرين للاعتماد على روايات هنري جيمس لتصوير الوعي البشرى بتفاصيل شديدة الدقة وألوان واسعة الطيف. أمَّا في المستقبل فلن نتمكن من الاعتماد على الثقافة الجماهيرية لفعل ذلك، فكل من فياكوم ولا ديزني لا يتوقعان ربحاً من وراء ذلك، ولكن ربما نستطيع اللجوء إلى العلم لملء هذا الفراغ.

يمكن لحكاية صغيرة أن تضع المادية البخيلة في نصابها الصحيح. كان علم النفس في القرن التاسع عشر يُمارس من قبَل البورجوازيين الغربيين المثقفين الذكور ولمصلحتهم. في علم النفس الذكوري هذا، لم يكن النساء أو الأطفال أو غير المثقفين أو أبناء الثقافات الأخرى أو الحيوانات غير البشرية تحظى إلا باهتمام ضئيل باعتبارها كائنات واعية. ولكن هذه المقاربة المحدودة كانت تتميز بميزة لم تُوفّ حقها، وهي أن أوجه التشابه النفسي بين الذكور البورجوازيين المثقفين الغربيين أتاحت لهم تطوير طرق متقدمة لوصف دقائق حياتهم الداخلية الثرية ونشرها. كانت هناك حلقة من التغذية المرتدة الايجابية بين الثقافة البورجوازية وعلم النفس البورجوازي تجسدها المراسلات بين وليام جيمس وأخيه هنري اللذين كانا يتبادلان تأملاتهما الباطنية بحماس، وانخرطا في منافسة أخوية محاوليْن وصف الوعي. عموما، انعكست دماثة الثقافة الأوروبية في أواخر القرن التاسع عشر في نطاق التنظير النفسي على يد أمثال تشارلز داروين (Charles

Darwin) وابن عمه فرانسيس جالتون (Francis Galton) وسيجموند فرويد (Sigmund Freud) والفيلسوف فرانز برينتانو (Franz Brentano) وعالمي النفس الأمريكيين جيمس مارك بالدوين (James Mark Baldwin) ووليَم ماكدوجال (William McDougall) وعالم النفس التجريبي الألماني فيلهيلم فوندت (Wilhelm Wundt). لم يكن هؤلاء خائفين من التفكر في طبيعة العواطف وعلم الجمال والحب والحياة العائلية وحتى الحالات البديلة.

كاد هذا الأسلوب من أساليب علم النفس يختفي في القرن العشرين مع دمقرطة الثقافة الجماهيرية وظهور الاختزالية (reductionism) والوضعية (positivism) في العلم. وسّع علم النفس مجاله ليشمل النساء والأطفال والطبقة العاملة والشعوب غير الغربية والرئيسات، ولكنه في هذه الأثناء ضيّق مادته، ووسّعت صناعة الثقافة قاعدة عملائها، إذ حلّت وسائل مثل السينما والإذاعة والتلفزيون محلّ ارتباط النخبة الحميم بالرواية والمسرح. صارت التصويرات الثقافية للطبيعة البشرية تدريجياً أكثر ابتذالا وأقل دقة بالنسبة لعامة الجمهور، وواكب ذلك تبسيط فادح لمضمون علم النفس. فسلوكية جون واطسون (John Watson) في عشرينيات القرن العشرين وسلوكية بي. إف. سكينر (B. F. Skinner) في خمسينياته نظرتا إلى الخبرات الذاتية باعتبارها خدّاعة، وركزتا على التعلّم كأساس للسلوك، واستبعدتا من علم النفس كل ما سوى ذلك تقريباً، من تفكير وشعور وتفاعل اجتماعي.

ومع مجيء الثورة الإدراكية في ستينيات القرن العشرين، حلّ التحسيب (computation) محل التعلّم باعتباره الرمز السائد في علم النفس، مما أطلق يد بعض علماء النفس لتطوير نماذج كمبيوترية للإدراك الحسي والاستنتاج والكلام. ولكن بعض النمذجة (modeling) لم يوسّع في الحقيقة مادة هذا العلم، فقد كانت الكتابة عن العلاقات الاجتماعية أو الجنسية أو الأسريّة، أو حالات الشعور المتنوعة، مثل الحب الرومانسي أو كبرياء الأبوين أو الغيرة المهنية، أموراً محرّمة بالنسبة لعلماء النفس الجادّين. حوّلت الوضعية والتجريبية والاختزالية عبء الإثبات إلى من أراد أخذ الوعي البشري بعين الاعتبار، وأيّ عقلية لم يكن يتسنى إثباتها كانت تُعتبر غير حقيقة. ونظرا لأنه لم يتسنّ الكشف عن أي شيء تقريباً حول حياة البشر الباطنية الشعورية بهذه الطريقة بسبب الطرق التجريبية المتوفرة حينذاك تم استبعاد معظم الحياة البشرية الذاتية من علم النفس.

الخلاصة أن كلاً من الثقافة الغربية وعلم النفس الغربي قد تأمركا في القرن العشرين، وصارا أكثر شمولاً ولكن أقل تعقيداً، وأكثر موضوعية في الطريقة ولكن أقل دقّة في النتيجة، وأكثر تقدّما سياسيًّا ولكن أقلّ إنسانيّة. كما أنهما ركزا على الأفراد كغرباء مبعثرين منسلخين عن

العلاقات الاجتماعية والجنسية والعائلية. وأخيراً فإنهما صارا أكثر كفاءة في وصف واستغلال ردود الأفعال العفوية تجاه الدعاية والإعلان، ولكن أقلّ تقبّلا لأي حالة شعورية تنطوي على غموض أو خيال أو تعاطف أو حكم أخلاقي أو تمييز جمالي. افترض علم النفس أنه كان مضطرا للاختيار بين تحليل السلوك وفهم الشعور، بين الاحترام التجريبي والدقة الذاتية.

أعتقد أن هذا الافتراض سيثبت بطلانه في السنوات الخمسين المقبلة. فهناك تكنولوجيات جديدة يمكنها التأكد من صحة طيف أوسع من الخبرة الذاتية الإنسانية. ربما تكون النتيجة نموذجا أغنى وأدق للطبيعة البشرية، ولكنها لن تكون كذلك إلا إذا عمل العلماء على دراسة الأفكار والمشاعر الحقيقية في مواقف اجتماعية ذات معنى.

على سبيل المثال، يمكن لطرق تصوير المخ أن تحدد مناطقه النشطة، ونحن نؤدي مهاماً عقلية معينة في المختبر. حتى الآن نجد أن معظم هذه المهام أُخذت من علم النفس الحسّي أو علم النفس الإدراكي النموذجيين، وليس لها أي معنى جوهري بالنسبة للمشاركين. لقد شاركتُ وأنا أدرس في الجامعة في واحدة من تجارب تصوير المخ هذه، وأمضيت في كلية الطب بجامعة كولومبيا ست ساعات، أقارن أشكالاً هندسية بسيطة ببعضها البعض، وأنا مقيّد في سرير وعشرون عداد جايجر مصوبة إلى مخّي، أتنفس مزيجاً من الأكسجين وغاز الزينون المشع. من المفيد يقينا أن نتعرف على أجزاء المخ الضالعة في تمييز الأشكال. ولكن بينما كنت أتأمل الأشكال راودتني - أيضاً - أفكار ومشاعر كثيرة لا صلة لها بتمييز الأشكال، منها قلقي بشأن آخر مشادّة كلامية بيني وبين صديقتي، ومحاولات إعادة بناء حبكة أحد أفلام باسوليني، وتأملات حول إصابة الرئيس ريغان بالخرف. من منظور الباحث، هذه الأفكار العابرة كانت عبارة عن "ضجيج"، واعتماداً على هذا التنوّع الكافي لهذه الحالات العقلية غير ذات الصلة تجريبيا، كان بمقدور الباحث أن يثق أنها جميعاً ستكون ضمن المتوسط في النهاية.

غير أن هناك أمراً غريباً يتعلق بالتجارب التي تدّعي أن أفكار المشاركين ومشاعرهم أبسط بكثير مما هي عليه في الحقيقة. يجب أن نعترف أن تكنولوجيا تصوير المخ الحالية ببساطة ليست بالجودة الكافية لدراسة الأفكار والمشاعر المعقدة المتدفقة التي تدور حول مواقف ذات مغزى اجتماعي، وينبغي أن نناضل لتطوير أنظمة ذات جودة كافية. إن الدقة المكانية والزمانية لأجهزتنا ستكون مفيدة، ولو استطعنا أن نقيس بدقّة المليمترات المكعبة الناشطة في المخ ملّيثانية بملّيثانية، فسنتمكن من دراسة عمليات نفسية أدق. وقد يكون من الضروري تغيير أسلوبنا البحثي أيضاً. ويمكننا إحياء تقليد التأمل الباطني (introspection) الذي يعود للقرن التاسع عشر كما كان

يمارس من قبل فرانز برينتانو (Franz Brentano) ووليَم جيمس، ويجري فيه علماء النفس التجارب على أنفسهم. يمكننا أن نوجّه أجهزة تصوير المخ إلى أنفسنا، ونستكشف حالاتنا العقلية نظامياً لنرى ما يتبدّى لنا. ولكن هذا سيواجه القيود السلوكية ذاتها مثله مثل التأمل الباطني النظري، إذ لا نستطيع الاهتمام بالبيانات التجريبية حول حالات أمخاخنا ونحن نمارس – بشكل متزامن – أنواع التفاعلات الاجتماعية الحقيقية المستغرِقة ذاتيا، مثل المحادثة والغزل والمساومة والمجادلة والإرضاع وغيرها. سوف نحتاج للقيام بذلك إلى أجهزة تصوير مخي خفيفة وقوية ومتنقلة وصغيرة. عندها فقط نستطيع رسم خريطة لقدرات المخ الحقيقية.

ستتمثل التكنولوجيا الرئيسة الأخرى في مجال إثبات تعقيدات الوعي البشرى في رسم خرائط لأنماط التعبير الجيني (genetic expression). فلكل خلية مخية مجموعة كاملة من الجينات، ولكن لا يتم التعبير عن بعضها إلاّ فيّ أي وقتٍ بعينه، بمعنى أن بعضها فقط يُسجّل في الآر إن أيه (RNA) ومن ثم في البروتينات. علاوة على ذلك، لمختلف مناطق المخ أنماط تعبير جيني مختلفة، وهذه الأنماط تتغير بمرور الوقت، ليس خلال مرحلة التطور من جنين إلى بالغ فحسب، بل أيضاً عبر المواقف من يوم إلى يوم ومن شهر إلى شهر. وهناك حلقات للتغذية المرتدة بين البيئة الاجتماعية والفسيولوجيا العصبية والتعبير الجيني والسلوك. فعندما نعشق، وعندما يموت أحد أصدقائنا، وعندما نحصل على ترقية كبيرة في العمل، لا ريب أن خريطة التعبير الجيني لمخّنا تتغير. إن جميع الأحوال الفكرية تقريبا التي تستغرق أكثر من عدة ساعات ربما تتضمن تغيرات في التعبير الجيني، وقد بدأ العلماء بالكاد رصد هذه التغيرات.

عندما تتحسن التكنولوجيا ونتمكن من رصد التعبير الجيني في الزمن الفعلي، سينفتح أمامنا عالم جديد من التعقيد الفسيولوجي. وسنتمكن من رؤية العلاقة بين المواقف الاجتماعية والقدرات السلوكية المتطورة وراثياً التي تثيرها. وسوف نتجاوز أيضاً اللامعقول المشوّش بأن الطبيعة والتنشئة "لا ينفصمان"، ونرى بمزيدٍ من الوضوح كيف تنشّطُ مواقفٌ وأفكارٌ ومشاعرٌ معينة جيناتٍ محددة والعكس بالعكس. سوف يتلاشى اتهام علم النفس النشوئي بأنه مجموعة من التفسيرات التي لا يمكن إثباتها أو نفيها، وسنرى آثار النشوء الجينية في كل جزء من أمخاخنا.

لو أننا نمتلك الشجاعة لاستخدام التطورات الجديدة في تصوير المخ ورسم خريطة التعبير الجيني استخداماً ملائماً، لسلطنا الضوء على مساحة أوسع من الخبرة البشرية. ولو نستطيع العثور على مؤشرات عصبية ووراثية موضوعية في حالات الوعي التي تبدو لنا الآن عابرة وغريبة، فسوف تُعامل هذه الحالات بمزيدٍ من الجدية باعتبارها جزءاً عاماً من الطبيعة البشرية.

والحقيقة أنه لا ينبغي أن نحتاج لهذا الإثبات الموضوعي، ولكننا نحتاج إليه. فالظاهر أن الواحد منا يميل ميلاً فطرياً إلى التصرف كما لو كانت حياته العقلية أكثر تعقيداً ومغزى وأصحّ من حياة أي شخص آخر. ركّز أتباع منهج التأمل الباطني في القرن التاسع عشر على أنفسهم، ونسوا الآخرين، ووصفوا عالَماً داخلياً أكثر ثراء. أمّا أتباع المدرسة السلوكية في القرن العشرين فقد نسوا أنفسهم، وركزوا على الآخرين، ووصفوا طبيعة بشرية بدائية قائمة على التعلّم والتحسيب. وأمّا علماء نفس القرن الحادي والعشرين فسوف يزيلون هذا التمييز بين الذات والآخرين، وبين الذاتي والموضوعي، وذلك من خلال بيان البصمات العصبية والوراثية حتى لأشدّ مظاهر الوعي البشرى العابرة والمدفوعة بالنزوات المتناقضة. يجب أن تكون النتيجة أكثر إنسانية، وتتضمن دراسة قوانين السلوك البشري (anthroponomy). كل ما آمله أن تكون استجابة طلاب السنة الأولى عند دراستهم لمقرر علم النفس الأساسي سنة 2050 كالتالي: "هكذا! لهذا السبب إذن نشعر بـ (س) عندما يحدث (ص)!" بدلاً من رد الفعل الشائع كثيراً هذه الأيام: "ما علاقة هذا بالحياة الواقعية على أي حال؟".

جوفري ميلر (Geoffrey Miller): عالم متخصص في علم النفس النشوئي بجامعة نيومكسيكو. ألّف "عقل التزاوج: كيف حدّد الاختيار الجنسي تطور الطبيعة البشرية" (The Mating Mind: How Sexual Choice Shaped the Evolution of Human Nature).

ميهالي تشيكسنتميهالي

مستقبل السعادة

من بين القضايا التي ستكتسب أهمية محورية في السنوات الخمسين المقبلة تتمثل كيفيةُ استخدامنا لقدرتنا على التحكم في التركيب الجيني للنوع البشرى. في الماضي استخدم أسلافنا طرقا بدائية للانتخاب الوراثي بُغية تحديد أنواع الأطفال الذين يعيشون حتى عمر التناسل. أما الآن فنحن أُهدينا هدية يكتنفها الشك تتمثل في الوصول إلى الهدف نفسه بسلطان العلم.

عرف المزارعون - قبل أن يخطر لأحد على بال وجود الجينات بزمنٍ طويل - أن سمات الأبوين تنتقل إلى الذرية، فتمكنوا بذلك من تحسين محاصيلهم أو أحجام مواشيهم بانتقاء أفضل سلالاتها واستيلادها، وهو مبدأ كان من السهل حينذاك تطبيقه على البشر. يكرس أفلاطون جزءاً كبيراً من الكتاب الخامس في «الجمهورية» مسألة كيفية تطبيق ممارسات استيلاد كلاب الصيد لإنتاج حكام الدولة المثالية التي يتصورها. فهو يقول في الفصل رقم 459 على سبيل المثال:

ينبغي الحرص على تزويج الأفضلِ في أحد الجنسين للأفضل في الجنس الآخر قدر المستطاع، وعدم تزويج ما هو أدنى بمن هو أدنى قدر المستطاع ... وينبغي على هؤلاء تنشئة ذرية من النوع الأول لا الثاني، إذا أردنا الحفاظ على الجماعة في حالة من الطراز الأول. والآن يجب أن تبقى هذه الإجراءات سراً لا يعرفه إلا الحكام، وإلا فسيبرز خطر آخر ... ثورة.

وكتب قبل ذلك في الفصل رقم 415 من الكتاب الثالث: «يعلن الرب أول مبدأ للحكام... أنه لا يوجد ما ينذرون أنفسهم لحمايته أو يقومون على الحفاظ عليه مثل نقاء العرق». والحقيقة أن جميع المجتمعات المعروفة مارست ما يمكن أن نسميه الآن «تحسين النسل» أو «الهندسة الوراثية». وغالبا ما كانت تساق لهذه الممارسات مبرراتٌ لا علاقة لها بعلم الأحياء، كالدين أو التقاليد، ولكن المفترض أنها كانت تمارس لأنها - في نظرهم - تسهم في بقاء الجماعة. من المفيد أن نتذكر أن

حق الجميع في التناسل فكرة حديثة، وقد حافظت المجتمعات السابقة على بقائها من خلال منح هذا الامتياز في المقام الأول لأفراد كانوا ينجبون أطفالاً فوق المعدل.

شجعت الممارسات الايجابية تزويج الأفراد أصحاب السمات الوراثية المرغوبة (كالصحة والقوة والجمال) والنجاح المادي (كالثروة أو النفوذ). وقد تحقق التناسل التفاضلي بوسائل عديدة. فالممارسة التي تكاد تكون عالمية والمتمثلة في الحصول على مهر قبل الزواج كانت تكفل امتلاك الأبوين المستقبليين موارد كافية ودعما من الأهل لتربية أطفال، لن يكونوا عبئاً على المجتمع.

أما الممارسات السلبية فكانت تنهى عن التناسل بين أصحاب السمات التي يعدّها مجتمع بعينه غير مرغوبة. وكان بعض هذه الممارسات نزعات طبيعية. فعلى سبيل كان احتمال زواج وإنجاب الفقراء والمرضى ضعيفاً. ولكن كانت هناك وسائل أخرى أكثر شيوعاً، تتراوح بين الخصاء وقتل الأطفال. وكثيراً ما نجد أن الممارسات الثقافية التي كانت تبدو ذات غرض مختلف تماماً ربما كان لها – رغم ذلك – أثر كبير في تحسين النسل. نذكر مثلاً أن الكنيسة الأرثوذكسية الروسية كانت تتبنى طقساً عبارة عن غمس حديثي الولادة وهم عُراة في ماء بارد لإشرابهم بنعمة الروح القُدُس وحماية أرواحهم من اللعنة الأبدية. كانت النتيجة الثانوية لهذه الممارسة أن الأطفال غير الأصحاء لا ينجون من التعميد، وبالتالي تُزال جيناتهم من مجمّع الجينات. يمكن للواحد فينا أن يتأمل ما إذا كان سبب هذه الطقوس – في المقام الأول – هو راحة البال التي تمنحها للأتقياء أم الفوائد الوراثية التي تجلبها. والأرجح أن مردّها إلى عوامل مختلفة، ذلك أن كلا الصنفين من الفوائد كانا يدعمان وجودها بما يتناسب مع البدائل المتاحة أمام الثقافة في ذلك الزمان.

كان معظم هذه الممارسات عشوائي دون أي أساس في فهم كيفية انتقال مختلف السمات من جيل إلى الذي يليه. ولكن هذا الوضع يوشك أن يتغير جذرياً في العقود القادمة. يوجد في الوقت الراهن فرعان من أكثر فروع العلم البشرى حيوية، وهما علم الوراثة السلوكي (الذي يحاول التحقق من درجة قابلية توارث سمات سلوكية مثل الفصام والنزوع إلى الطلاق والمعتقدات السياسية بل والسعادة) وعلم النفس النشوئي (الذي يبحث في الآليات التي يمكن بواسطتها انتقاء هذه السمات ونقلها من جيل لآخر). غير أن كلتا المقاربتين تفترضان أن الطبيعة والتنشئة مسئولتان عن تشكيل سلوكنا وأفكارنا وعواطفنا، على الرغم من أنهما يرجحان الكفة لصالح الطبيعة، وذلك خلافاً للتحيّز إلى التعلّم الذي رأيناه في القرن الماضي.

من المؤكد أن هذا الاتجاه سيتعاظم بدرجة هائلة في الخمسين سنة المقبلة نتيجة التقدم في

علم الوارثة. وعلى الرغم من قلة عدد السمات المهمة التي يُحتمل اعتمادها على نشاط جين بعينة أو بضعة جينات، فإن بعض المهندسين الوراثيين واثقون من أن عهد «الأطفال حسب الطلب» بات في متناول اليد. وحتى لو كان تفاؤلهم في غير موضعه، فمن الحماقة تجاهل القرارات الوشيكة التي قد نواجهها قريبا. من اللافت أن كبار اختصاصيي علم الوراثة البشرية (الذين أجريت أنا وزملائي مقابلات مع ما يقارب المائة منهم أثناء دراسة حديثة) نادراً ما يأخذون الجوانب الأشد جدليّة في عملهم مأخذ الجد، ويحتجّ معظمهم بأن عملهم لا يمت بصلة من قريب أو بعيد بعلم تحسين النسل، ويسخرون من إمكانية استنساخ البشر، ويرون احتمال إساءة استخدام اكتشافاتهم احتمالاً ضعيفاً. ويكاد يجمع هؤلاء على عدم امتلاكهم معرفة خاصة بالتطبيقات المحتملة للهندسة الوراثية أو تحملهم مسئولية عنها، مُصرّين على أن هذا قرار سياسي يتخذه المجتمع ككل، على الرغم من أن هذا «المجتمع» يفتقر إلى الفهم المتخصص لاتخاذ قرارات مطلعة. لا يختلف هذا الموقف عما كان يحدث في الفيزياء الذرية قبل ما يزيد قليلاً عن نصف قرن من الزمان، وذلك عندما أكّد مفكر عالمي مثل نيلز بور (Niels Bohr) في أربعينيات القرن العشرين أن التجارب على الانشطار النووي قد لا تكون لها تطبيقات عملية.

ولكن سواء أكُنا جاهزين أم لا، سرعان ما سنضطر إلى الاختيار، وستحدد اختياراتُنا هذه مستقبَلَنا. لنفترض مثلا أننا سنتمكن في القريب العاجل من تحقيق زيادة كبيرة في حاصل الذكاء العام (ع) الذي يشكل أساس المهارات اللغوية والرياضية التي يثمّنها النظام التعليمي والمفيدة في مجالات حياتية أخرى أيضاً. أهذه فكرة جيدة؟ أوضح عدد من المعلقين أن المجتمع مقسّم بحسب الذكاء إلى طبقات إلى درجة مزعجة. فبينما كان ممكنا في الماضي القريب أن نعدّ الناس ناجحين إن كانوا مجتهدين أو أمناء أو ودودين أو فضلاء - دون أن يكونوا بالضرورة "ناجحين دراسيا" - بدأت اليوم مهارات التفكير المجرد تتحول إلى شرط مسبق لأي نوع من النجاح المادي أو الاجتماعي. فلو وجدنا سبلا لتحسين هذه السمة وراثيا، ربما يصبح هذا الاتجاه أُسِّياً. ومع اتساع الفارق بين «أصحاب الذكاء الخارق» والأفراد العاديين، ستتسع الفجوة بين قوتهم الاقتصادية والسياسية. سوف يزداد الزواج القائم على الذكاء بين الأقارب الأدنيْن (وهو ممارس بالفعل) لأنه لن يحلم أحد بحاصل ذكاء فوق 200 بزواجه من آخر يقل حاصل ذكائه عن 150. ولو أثَّرت الهندسة على الخط الجنسي (germline)، فسوف تنتقل هذه الفوارق تلقائيا إلى الجيل التالي.

ولكن ماذا لو أنه في فورة غير محتملة في النزعة المساواتية (egalitarianism) وجدنا

سبلاً لتحسين ذكاء الجميع، أي رفع الحد الأدنى لذكاء الجنس بأكمله؟ هل ستكون هذه فكرة جيدة؟ الجواب هو أننا لا نعرف. معظم الوظائف الأحيائية والنفسية المفيدة لو استخدمت بجرعات قليلة تصبح خطيرة عند الإفراط فيها. وكما أشار أرسطو، فإن الفضائل تصير رذائل عند الإفراط فيها، إذْ تتحول الشجاعة إلى تهور، والتعقّل إلى تردد. إن الصلة الغامضة بين العبقرية والجنون توحي بأن الذكاء المفرط له معوقاته، ومنها مثلا الحساسية الزائدة التي تؤدي إلى النزوع للقلق والاكتئاب. أو قد يسفر هذا – بقدر ارتباط الذكاء العقلاني بالمواقف الأنانية على طريقة أين راند (Ayn Rand) – عن نوع أكثر قسوة وسنصبح فاقدين للشعور أكثر مما نحن عليه الآن.

ثمة قضية أساسية هي ما إذا كان ينبغي علينا – إن امتلكنا الوسيلة – أن نطمح إلى التوحّد أم التنوع من خلال عبثنا بالجينوم البشرى. سيكون الضغط في سبيل التوحّد هائلا؛ فكلٌّ يريد أولادا يتسمون بالذكاء وحسن الطلعة (حسب إدراكات الجمال المتعارف عليها) والطموح والنجاح. أما التنوع فهو خطير. فمن ذا الذي يريد الرهان على المجهول وشيء لم يُجرَّب؟ ومع ذلك فإن حجج عالم الأحياء إي. أو. ولسون (E. O. Wilson) المؤيدة للتنوع الحيوي تنطبق. أيضاً. على السمات النفسية. إن احتمال وجود عرق متجانس بدرجة متزايدة ليس مروّعاً لمشاعرنا الإنسانية فحسب، بل ينطوي على خطر من منظور البقاء في حد ذاته. وبما أنه لا يمكن – إلى حد كبير – التنبؤ بالمستقبل، فإن الاستراتيجية المثلى هي وجود مجموعة متنوعة من الإمكانيات التي يمكن أن تنبثق عنها استجابات تكيّفية مع المواقف الجديدة، وذلك بدلاً من قصْر أنفسنا على نمط هو الأحسن من منظور الظروف الراهنة.

لو أن الهندسة الوراثية البشرية تستند إلى السوق (بدلاً من أن يمليها كمبيوتر مركزي يحدد عدد من يحتاج إليهم المجتمع من محاربين وعمال وعالة في الجيل المقبل)، من المحتمل أن ينصبّ أكبر قدر من الضغط الانتقائي على إنتاج أطفال سعداء. عندما يُسأل الآباء عما يرجونه لأولادهم، فالإجابة النموذجية هي أنهم يرجون أن يتلقوا تعليماً راقياً، ويشغلوا وظائف مرموقة، وأن يكونوا قبل ذلك كله سعداء أينما تولّوا. يبدو أن الآباء المعاصرين يتفقون مع أرسطو حول أن الخير ليس إلاّ وسيلة لتحقيق غاية، بينما السعادة هي الخير ذاته، وهى ما نرجو تحقيقه من خلال التعليم والمال والجمال والذكاء. فلو أمكن إنتاج السعادة من خلال التلاعب في الجينات، فربما يصبح ذلك أولى أولويات الآباء.

بحسب اختصاصيي علم الوراثة السلوكي الذين يدرسون التوائم المتطابقة وغير المتطابقة الذين يُربَون معاً أو مفترقين، فإن ما لا يقل عن خمسين في المائة من السعادة يورّث جينياً. ربما يكون

لدى الواحد منا تحفظات مبررة تجاه كيفية قياس "السعادة" في مثل هذه الدراسات، ولكن وجود نقطة سعادة محددة تختلف من شخصٍ إلى آخر، ولا تتأثر نسبياً بالتقلبات الحياتية الخارجية، يبدو حقيقة راسخة. بالطبع نجد مستوى السعادة العام بين الناس يتأثر أيضاً بالأحوال الاقتصادية (لأن امتلاك مزيد من المال يرتبط بالسعادة حتى نقطة معينة، ولكن فوق عتبة الدخل التي تمثل المعدل في البرتغال أو كوريا الجنوبية، نجد تحقيق مزيد من الدخل لا يقابله مزيد من السعادة) والوضع السياسي، وكثير من المتغيرات الخارجية. ومع ذلك فإن الوراثة تلعب دوراً مهماً.

لذا هيا بنا نفترض أننا سنتمكن في العقود المقبلة من زيادة احتمال سعادة أولادنا بواسطة الهندسة الوراثية. فهل سنصنع لهم معروفاً باغتنامنا هذه الفرصة؟ هل سيستفيد المجتمع والنوع ككل من مثل هذا الاختيار؟ عند تأملنا ماهية أجوبة هذه الأسئلة، يمكننا البدء باستعراض القليل مما نعرفه عن السعادة في هذه المرحلة.

بادئ ذي بدء، يبدو جلياً أن وصف الناس لمدى شعورهم بالسعادة مقياساً سليماً نوعاً ما لسعادتهم. فهو يرتبط بمدى إدراكهم للعائلة والأصدقاء، وبمدى ظهور الأعراض المَرضيّة والسلوكيات ذات الصلة. خلاصة القول، مَنْ يظن نفسه سعيداً يظهر بمظهر السعداء، ويتصرف كما ينبغي أن يتصرف السعداء. يميل هذا الصنف إلى الانبساط، وينعم بعلاقات مستقرة، ويحيا حياة صحيحة مثمرة. الأمر طيب إلى هذا الحد.

ولكن ربما يكون في الأمر بعض العيوب اللافتة أيضاً. فعلى سبيل المثال، أحد تعاريف السعادة المقبولة على أوسع نطاق هو أنها حالة لا يرغب معها المرء في شيء آخر. فالسعداء لا يميلون إلى إعطاء قيمة كبيرة للمقتنيات المادية، وهم أقل تأثراً بالإعلانات والدعاية، ولا تحركهم الرغبة في السطوة والانجاز. فماذا؟ لأنهم في الأصل سعداء، أليسوا كذلك؟ إن احتمال وجود مجتمع من السعداء يجب أن يكون كافياً ليبعث القشعريرة في بدن نظامنا الإنتاجي القائم على استهلاكٍ متزايد دوما ورغبةٍ لا تشبع أبداً.

هل سيقدم علم النفس الأكاديمي أي عون في توفير حلول لهذه الاختيارات التي توشك أن تواجهنا؟ حتى عقدين مضيا من الزمان، كاد أن لا يكون للعلم أي قول في السعادة، التي كانت تعدّ مسألة "رخوة" جدا على تناولها بالدراسة العلمية الجدية. ولكي يفعل علم النفس شيئاً مختلفاً في هذا المأزق، سيتعين عليه أن يركز مرة أخرى على موضوعه الأصلي وهو النفس، ليس كمادة زائلة غير مدرَكة أشبه بالروح، بل كمجموعة من الظواهر الملموسة التي تتجلى في وعينا مع تحوّل انتباهنا إلى إدراك المنبهات الخارجية والحالات الداخلية، بمعنى الأفكار والعواطف، ومكملاتها

والاستجابة لها. معظم العلماء، ومنهم علماء النفس، يعدّون تيار الوعي ذاتيا (subjective) جدا على نحو تتعذر معه دراسته دراسة دقيقة جدا، ولكنه في حقيقة الأمر يعدّ أكثر المعلومات التي في متناول أيدينا موضوعيةً (objective). فالحقائق العلمية والمعرفة القائمة عليها خبرٌ يسرني قبوله دون تحقّق، ولكن الأحداث التي تدور في الوعي، مثل الخوف والابتهاج والغضب والأمل، أمور أستطيع لمسها مباشرة وحقيقتها لا جدال فيها.

أنا من جهتي عزمت على تطوير ظاهراتية (phenomenology) منهجية تجد إجابات على الأنواع التالية من الأسئلة: كيف تتقلب أفكار الناس ومشاعرهم وأهدافهم وأفعالهم خلال يوم عادي؟ وخلال العمر؟ وكيف ترتبط مكونات تيار الوعي هذه بعضها ببعض؟ ومتى يشعر الناس بالسعادة في حياتهم اليومية؟ أي سؤال من هذه الأسئلة يمكنه بدوره أن يتمخض عن عشرات الأسئلة الأخرى، من ضمنها استقصاء كيفية تأثير العمر والجنس والعرق والاختلافات الأخرى من هذا القبيل على الوعي، وما العلاقة بين الأنماط التي تُقاس في وقتٍ معين والأنماط التي تُقاس بعد ذلك بسنوات. كان من بين ما تعلمناه أن الأشخاص المنخرطين في أنشطة تنطوي على تحدٍّ ولديهم أهداف واضحة يميلون لأن يكونوا أكثر سعادة ممن يعيشون حياة سهلة مترفة. فكلما قل سعي الإنساني لنفسه فحسب، اتسع نطاق علاقاته والتزاماته، وزاد احتمال شعوره بالسعادة.

من المهم – أيضاً – أن ندرك أن للوعي واقعه المحدد الذي يتلاشى فوراً عندما يبدأ المرء في تحليله من منظور مصطلحات تلائم أنظمة أقل تعقيداً. من بين الأسباب أن هذا النظام نظاماً مفتوحاً تتغير أحواله دوماً بمرور الزمن. فما كان بوسعك قبل دقيقة من الآن أن تتنبأ بدقّة بما يدور في خلدي، الآن – مثلاً – حتى لو كانت لديك جميع المعلومات الخاصة بكيمياء مخي وتاريخي الوراثي وخلفيتي التعليمية قبل ذلك بستين ثانية. فما يحدث بين وقت (1) ووقت (2) هو أن أيّما شيء (صوت أو مشهد أو شعور أو فكرة) يدخل الوعي خلال تلك الدقيقة ربما يحوّل أفكاري ومشاعري إلى مسار جديد تماماً لا يمكن التنبؤ به.

يمكن رؤية هذا اللايقين كأوضح ما يكون في النشاط الإبداعي. يُعتقد بشكلٍ عام أن عناصر أي قصيدة (أو مقطوعة موسيقية أو لوحة أو نظرية علمية) يمكن استرجاعها من عقل الشاعر لو توفرت لدينا معلومات كافية عن مكنون ذلك العقل. أي أننا باستخدام قياس تمثيلي على النظرية القزمية للتطور الجنيني، نعتقد أن الإبداع موجود داخل المبدِع، وإن كان على شكل هيئة مجهرية أو مُشفّرة. ولكن الواقع ليس كذلك. فقد يستهل الشاعر بكلمة أو عبارة لا معنى لها أو عادية، وإن كانت تبدو جذابة بالنسبة له في تلك اللحظة. أما السبب في أن الكلمة أو العبارة

تصير ذات معنى فجأةً، فيمكن تفسيره لو عرفت ما كان يفكر فيه الشاعر أو يشعر به قُبيل ذلك. أما ما يحدث بعدئذٍ فلا يمكن تفسيره. فالكلمة قد توحي بأفكار وتداعيات ما كان يمكننا التنبؤ بها، وهذه بدورها تبرز اتجاهات جديدة للأفكار والمشاعر، التي تؤدى إلى مزيدٍ من الكلمات، وهكذا دواليك في دائرة من المعاني تزداد اتساعا هي نتيجة نظام ناشئ مستقل ذاتي التنظيم، يستند رغم ذلك على وعى الشاعر السابق، وإن كان لم يعد ممكنا اختزاله إليه.

لا يحتاج المرء إلى اللجوء إلى الإبداع لتصوير هذه العملية. هيا بنا نتناول حدثاً أكثر عموماً، وهو رد فعل الأبوين تجاه طفلهما حديث الولادة. يخبرنا علم النفس الوراثي والنشوئي بشيء كثير عن كيفية ارتباط الأبوين بذريتهما، وسبب ذلك الارتباط. الأبوة واحدة من أقدم الخبرات الإنسانية التي تقاسمتها جميع الأجيال منذ بدايات نوعنا. ومع ذلك فإن رؤية المرء لطفله لأول مرة حدث فريد من نوعه بحيث لا يمكن لشيء أن يُعِدّ هذا المرء إعدادا كافيا لهذا اللقاء حتى وإن كان يعرف كل شيء عن المواليد والولادة. وتعتمد الفوارق الدقيقة في هذا الحدث على طبيعة شعور الزوج نحو زوجه ووضعه المادي وحياته بوجه عام، ناهيك عن مظهر الرضيع الجسدي وسلوكه، وجميع هذه العناصر تتصارع لتحقيق توليفة ذات معنى مع الحدث الرئيس، ألا وهو مولد الطفل. يمكنك تخمين كيف ستبدو هذه التوليفة بمعرفة أكبر قدر ممكن من المعلومات عن الأبوين، ولكن هذا التخمين لن يكون دقيقاً، لأن العوامل المتغيرة التي تؤثر على وعى أحد الأبوين كثير منها خارجيّ.

لو كان لعلم النفس أن يتخذ من تيار الوعي مجالا له، فقد يبدأ بتوفير نوع المعرفة التي سنحتاج إليها، كي نقدم على اختيارات متنوّرة بشأن المستقبل الذي نريده. ومع كل زيادة تطرأ في معرفتنا تزداد مسئولياتنا. فقد كنا في الماضي أشبه بركاب يستقلون حافلة النشوء البطيئة، أمَّا اليوم فالنشوء أشبه بصاروخ ينطلق في الفضاء بسرعة، ولم نعد ركاباً على متنه بل ربابنة. فما نوع البشر الذين سنخلقهم؟ نسخٌ من آلاتنا وكمبيوتراتنا ولكن من لحم ودم؟ أم مخلوقات ذات وعى منفتح على الكون والكائنات الحية، وتنشأ وترتقي بسرور في اتجاهات غير مسبوقة؟

بدأ علم النفس يظهر بوادر سيره في الاتجاه الثاني. ففي عدد من المراكز داخل الولايات المتحدة وخارجها، نجد موضوعات من قبيل الحكمة والأهداف الحياتية والحافز الذاتي والروحانية (وجميعها كان سينظر إليه منذ بضعة عقود على أنه خارج نطاق الدراسة) يجري بحثها من قِبَل علماء جادين. فقد أسس مارتن سيليجمان (Martin Seligman) - إبّان رئاسته جمعية علم النفس الأمريكية (APA) مؤخراً - حركة "علم النفس الايجابي" (Positive Psychology)

التي تسعى إلى ما هدف أكبر من الأهداف التقليدية المتمثلة في شفاء العلل النفسية. ومن بين إنجازات الحركة حتى الآن وضع قائمة تضم "نقاط القوة" المنتشرة عبر الأزمنة والثقافات، كالحكمة والبسالة والمثابرة والأمانة. أما الخطوة التالية فتتمثل في تجميع المعرفة الخاصة بكيفية تعهّدها بالعناية. وفي نهاية المطاف يجب أن تتخلل هذه المعرفة أوساط المهنة مع إعطائها الثقل ذاته الذي يعطى لممارسة المعالجة والوقاية. وسوف نحتاج إلى مثل هذا العلم كي ننجح في مواجهة تحديات الخمسين سنة المقبلة.

ميهالي تشيكسنتميهالي (Mihaly Csikszentmihaly): عالم موسوعي متعدد المعارف وُلد في المجر. شغل سابقا منصب رئيس قسم علم النفس بجامعة شيكاغو، ويعمل حاليا أستاذا للإدارة في جامعة كليرمونت للدراسات العليا بمدينة كليرمونت في كاليفورنيا. طبق أبحاثه ونظرياته في علم نفس الخبرة المثلى زعماءً وطنيون، من أمثال بيل كلينتون وتوني بلير، ورؤساء تنفيذيون لكثير من كبريات الشركات في العالم. من مؤلفاته الأكثر مبيعاً "التدفق: علم نفس الخبرة المثلى" (Flow: The Psychology of Optimal Experience) و"النفس الارتقائية: علم نفس للألفية الثالثة" (The Evolving Self: A Psychology for the Third Millennium) و"الإبداعية" (Creativity) و"اكتشاف التدفق" (Finding Flow).

روبرت إم. سابولسكي

هل سنظل على حزننا بعد خمسين سنة من اليوم؟

ونحن على أعتاب هذا القرن الجديد، ثمة إغراءان لا يقاومان، أولهما استعراض سريع ومنح الجائزة لأهم حدث أو إنجاز في القرن المنصرم، وثانيهما التطلع إلى المستقبل. بالنسبة لواحد يعمل في مجالي، تتمثل المهمة في اختيار مرض القرن العشرين ومحاولة بيان مساره في القرن التالي.

عند إنعام النظر في الأمراض المرشحة، يمكن للمرء أن يركّز على أمراض تم القضاء عليها منذ سنة 1900، والاختيار المنطقي في هذا السياق هو مرض الجدري، الذي يمثل القضاء عليه واحداً من أعظم انتصارات الطب. ولكن الاختيار الذي أفضله شلل الأطفال، رغم الحقيقة المؤلمة الماثلة في استمرار تفشيه في كثيرٍ من أصقاع العالم النامي. مازال كثيرون هنا في الغرب يتذكرون رعب الرئة الحديدية الذي شهده النصف الأول من القرن، عندما كان شلل الأطفال مازال يمثل كارثة. وكثير من الناجين ممن هم في الخمسين أو يزيد أقعدتهم متلازمة ما بعد شلل الأطفال (آخر مضاعفات ذلك المرض) التي أدت إلى شيخوخة أجهزتهم العضلية العصبية - التي ضعفت دون أن تتلف - منذ عقود مما أسفر عن ضعف العضلات وضمورها. بالإضافة إلى ذلك، هناك زاوية المصلحة البشرية التي يجسدها السباق بين سابين (Sabin) وسولك (Salk). أم ينبغي أن يقع اختيار المرء على مرض يكاد ينتشر الآن بالسرعة ذاتها التي ظل ينتشر بها عبر التاريخ، ويحظى بأهمية إخبارية لتحديه العلم الحديث؟ المنافس المقصود هنا هو مرض الملاريا. ثم هناك أمراض احتلت مكانة سيئة السمعة في القرن الماضي، وهى بالتأكيد الإيدز والسرطان وأمراض القلب وسكري كبار السن والزهايمر.

ولكن لو كان للجائزة أن تمنح لمرض مدمّر ومازال – لدهشتنا – مقاوما للطب الحديث حتى صار وباء، فإني أرشح مرض الاكتئاب الكبير (major depression).

لست أعني بمرض "الاكتئاب الكبير" انتكاسة تخلف لدينا شعوراً بالبؤس أياماً قبل أن ندرك أنه مهما يكن ما نعانيه فهو ليس نهاية العالم. فالاكتئاب الكبير يُضعف المصابين به شهوراً وسنوات، فيغرقون في هوة من اليأس ولا يستطيعون العمل أو الحب أو التآلف الاجتماعي أو النوم أو تناول الطعام، بل ربما يعجزون عن متابعة حياتهم. ويحاول قرابة نصف المصابين بهذا المرض الانتحار في مرحلة أو أخرى من حياتهم. الاكتئاب هو المرض النفسي الحديث النموذجي، وهو عبارة عن اضطراب حيوي له جوانب وراثية وكيميائية عصبية وهرمونية، يتسبب في "مرض عقلي، وهو اضطراب حساس بشدة تجاه أي بيئة تولّد شعورا بالعجز.

الاكتئاب الكبير منتشر بمعدلات ينفطر لها القلب، حيث تبلغ نسبة المصابين به في مرحلة أو أخرى من مراحل حياتهم حوالي 15٪ من سكان العالم المتقدم، وهو يزداد انتشار، إذ ارتفعت معدلات الاكتئاب في الدول الغربية باطراد خلال الخمسين سنة الماضية. وعلى الرغم من أن بعضنا قد يشكك في صحة هذه النتيجة (لأن المكتئبين اليوم يحصلون على الأرجح على مساعدة طبية بدرجة أكبر منهم فيما مضى، كما أن المسؤولين عن الرعاية الصحية يشخّصون الاكتئاب أكثر مما كان يفعل الأطباء في خمسينيات القرن العشرين)، إلاّ أن هذه الدراسات تعدّ من أدق دراسات علم الأوبئة التي أجريت في الطب النفسي وأكثرها انضباطاً على نحو يبرّر مثل هذه المفاجآت غير السارة. والحقيقة أن نسبة الاكتئاب في ازدياد دائم.

فكيف أرى حال الاكتئاب الكبير خلال الخمسين سنة المقبلة؟ للأسف أظن أن هذه الكارثة الطبية ليست على وشك التلاشي، بل يمكن أن تزداد تفشياً.

فلمَ هذا الاستنتاج؟ في البداية، من المهم أن نفهم الصلة بين الضغط والاكتئاب، وكذلك الطرق التي صارت بها حياتنا أكثر ضغطاً. إننا (وأجسامنا) ننظر عادة إلى أي تحدّ خارجي باعتباره ضغطاً نفسياً لا يُطاق ولا سيما إذا فقدنا الشعور بالسيطرة عليه، أو افتقرنا إلى معلومات تساعدنا على التنبؤ بموعد مجيئه ومدى شدته، افتقرنا إلى دعم اجتماعي يشمل التنفيس عن الاحباطات الناجمة عنه. في سبعينيات القرن العشرين طوّر عالم النفس مارتن سيليجمان (Martin Seligman) وزملاؤه في جامعة بنسلفانيا نموذج اكتئاب مفيدا بشكل غير عادى يسمى "العجز المتعلّم" (learned helplessness) ينبني على المتغيرات التالية. عند مواجهة أحد الضغوط النفسية، يستطيع معظمنا وضعه في إطار، وإحاطته بسياج، وإدراك أنه ليس العالَم

كله، أي أننا نتغلب عليه. الاكتئاب هو فشل هذا السياج، وعولمة هذه الخبرة، والتوصل إلى استنتاج مشوه مفاده: "هذا التطور ليس شيئاً بغيضا لا سيطرة لي عليه فحسب، بل إن كل شيء بغيضٌ، ولا يوجد في حياتي ما يمكنني السيطرة عليه". لقد تعلّم المُصاب بالاكتئاب أن يكون عاجزاً. رغم أن أي ضغط شديد بدرجة كافية من شأنه أن يدفع أي شخص إلى مثل هذا الاستنتاج، فإن مَن هم عُرضة – بيولوجياً – لخطر الإصابة بالاكتئاب تكون عتبتهم أدنى. فعلى مستوى بيولوجي معين، يكون الاكتئاب الكبير عبارة عن فشل في إعادة التوازن عقب التعرض لأحد الضغوط النفسية، والاستسلام بدلا من ذلك لشعور متغلغل بالعجز يكتسب حياته الخاصة به.

فلماذا نصاب بالاكتئاب بمعدل متزايد، ولماذا أرى أن هذا المعدل سيستمر في التزايد؟ لو سارت الأمور كما نرجو ولو قليلا، فهناك كثير مما يمكنه أن يقف حاجزاً أمام هذا الوباء. فبعد خمسين سنة من الآن مثلا، ستمتلك الفتاة الصغيرة – على الأرجح – سيطرة أكبر على ما تريد أن تكونه وهي شابّة (جَرَّاحة أعصاب، رئيسة تنفيذية، نجمة كرة قدم) مقارنة بما كانت تمتلكه الشابات في الماضي. فالتمييز العنصري المنظم، وحصص اليهود المقنّنة، واللافتات التي تقول: "الأيرلنديون يمتنعون عن التقديم" سوف تصبح كلها تاريخاً منسيا، وكثير من المُهمّشين تقليدياً سوف يقل ما يواجهونه من مواقف تشعرهم بالعجز. وقد يصبح كوكبنا بطريقةٍ أو بأخرى أقل وحشية، إذ يستطيع المرء أن يتنبأ متفائلا بزيادة نسبة من يعيشون في ظل شيء أشبه – على الأقل – بالحكم الذاتي. ربما تشهد أرجاء العالم انخفاضا في معدلات الرق وحرق الأرامل والاغتصاب، على الرغم من أن هذا ربما يكون أشبه بتوقّعِ ما لا يقدر عليه الجنس البشرى.

علاوة على ذلك، اكتشف العلم وسائل فعالة تتحسن يوما بعد يوم لمكافحة هذا المرض. فقد تعرفنا على بعض النواقل العصبية (الرُّسل الكيمائية في المخ) التي تعاني خللا عند الإصابة بالاكتئاب. أبرز مثال على ذلك هو السيروتونين الذي يقوم بوظائف كثيرة، ومنها تنظيم الانفعالات الذي يحتمل أن تكون له علاقة بالاكتئاب. أفضل ما يمكننا تخمينه اليوم هو أن الاكتئاب إما ينطوي على انخفاض كبير في السيروتونين المستخدم كناقل، وإما أنه ينطوي على تدنٍّ كبير في حساسية الخلايا العصبية المستهدفة تجاه رسالة السيروتونين. أقوى دليل على هذه الفكرة هو مفعول مضاد الاكتئاب الشهير بروزاك (Prozac) الذي يزيد بشكل انتقائي مقدار السيروتونين المتوفر لنقل الإشارات بين الخلايا العصبية. وقد بات الجيل التالي من بروزاك وشيكا، وسيكون أسرع وأقوى من سابقه وأقل في آثاره الجانبية (مثل العجز الجنسي المؤقت عند المرضى الذكور ومشكلات الذاكرة أو التركيز).

تعلمنا ـ أيضاً ـ شيئاً عن الكيفية التي يمكن أن يحدث بها الضغط النفسي والإحساس بالعجز وبعض الهرمونات التي تُفرَز في هذه المواقف بعض التغيرات الكيميائية العصبية المصاحبة للاكتئاب، ونتيجة لذلك يتم تطوير أساليب جديدة لعلاج الاكتئاب على المستوى الهرموني.

هناك معلومات أخرى ـ أيضاً ـ بدأت تتبدى لنا بشأن الاكتئاب. ففي أمخاخ كثير من مرضى الاكتئاب المزمن مناطق تبدو صغيرة بشكلٍ شاذّ، وتحديدا قرن آمون (hippocampus) الذي يلعب دوراً رئيساً في تشكيل أنواع معينة من الذاكرة. يصاب أصحاب التاريخ الاكتئابي الطويل والحاد بقصور ما في الذاكرة، يترافق مع ضمور في هذه القرن. وقد بدأنا نتعلم شيئاً عن إسهامات الجينات في العرضة للاكتئاب، أي الاختلافات الوراثية - مثلاً - في نشاط تبادل السيروتونين في المخ أو نشاط مخلّق هرمون الضغط النفسي.

لا ريب أن هذه الاكتشافات ستفتح آفاقاً علاجية جديدة، علما بأن بوادرها في الطريق. ولعل التقدم الأشد إثارة سيحدث في فهمنا المتزايد للنواحي البيولوجية لما يميزنا كأفراد، إذ ستتمخض تلك المعرفة عن فهم أكبر لمسببات الاكتئاب الفردية.

في ضوء تقدمنا العلمي والعوامل التي تخفف من شعورنا بالعجز، لماذا أفترض أن حزننا سيتزايد؟ لأنه يذهلني - بالدرجة الأولى - أنه مازال هناك كثير من مسببات الاكتئاب في حضارتنا الحالية، ويمكنني أن أتصور قدرا من النقد الساخط لما أنا بصدده. "أأنت على وشك الانتحاب على قسوة الظروف هذه الأيام؟ ماذا عن أوروبا باربارا تاكمان (Barbara Tuchman)؟ أو الكساد الكبير؟ هل سمعت يوما عن الحرب العالمية الثانية؟".

من خلال ما أعرفه عن الحياة في القرن الرابع عشر في مرآة تاكمان البعيدة، يبدو لي مقبولاً تماماً أن أكتشف أن الجميع كانوا مكتئبين في ذلك الحين، وأن نفسية الغربيين في القرون الوسطى كانت مختلفة اختلافا جوهريا عن نفسيتنا. أمّا في الأزمنة المعاصرة، فإن الملامح المستفزة للخمسين سنة الماضية تميل بشكلٍ خاص إلى التسبب في الاكتئاب، ويرجع ذلك - في المقام الأول - إلى أن ملامح الحياة الاكتئابية تتواجد بشكل متزايد خارج نطاق الدعم الاجتماعي. لا شك أن مصادر سلوانا التقليدية ستتقلص باستمرار في السنوات المقبلة، وعلى "الأسرة" أن تتكيف مع معدلات طلاق غير مرشحة للنقصان. أما المجتمعات المستقرة فعليها أن تتكيف مع الحريات التي نعتز بها من حرية تنقل وخصوصية. إن الشخص النادر في ثقافتنا اليوم هو من يمضى عمره مقيماً في بلدة صغيرة محاطاً بالأقارب والأصدقاء.

علاوة على ذلك، ليس من المحتمل أن تساعدنا التكنولوجيا على تخفيف ما نعانيه من ضغوط على الرغم من - أو ربما بسبب - توقعاتنا ستساعدنا على ذلك. سوف نواصل اختراعاتنا التي توفر لنا الوقت، وعندئذ — كالمعتاد — سنرفع توقعاتنا بشأن مقدار ما يجب انجازه. سوف نصنع المزيد من الرفاهيات المادية، ولكننا سنعدل عندئذ معيار إحساسنا باستحقاقنا لها. لدينا أعداد هائلة من الأدوات وأنماط الحياة المليئة بالفراغ، ولكن معظم هذه الخيارات جوفاء، إذ نناضل لنقرر ما نوع حبوب الإفطار، أو مَنْ جراح التجميل، أو ما طراز السيارة الجديد، أو طراز الزوج الجديد الذي سيجعلنا سعداء في نهاية المطاف.

كثير من ضغوطنا النفسية مصمم خصيصاً لإحساس مُعوّلم بالعجز. ومع احتمال وجود المزيد من القيود على التصرفات الوحشية في مستقبلنا الذي قد يكون أكثر تحضرا، فإن من ينتهكون هذه القيود سيكون لهم سلطان تكنولوجي أعظم من "فتوة" البلدة المسلح بـ "نَبّوت" لا بترسانة أسلحة - أو ميليشيات. ومهما وسعت قريتنا الإعلامية العالمية من قنواتها الفضائية الخمسمائة الحالية، فستسمح لنا بالاستغراق في كل أنواع الرعب الذي يقع في دائرتها، مثل حادث إطلاق النار على الطريق في البلدة المجاورة، أو الإبادة الجماعية في القارة المجاورة، أو مأساة طفل يحتضر، أو نظام بيئي يوشك على الاندثار.

ولكن هناك سبباً واحداً مهمًّا، يجعل معدلات الاكتئاب إحصائياً تبدو مرشحة للارتفاع. فمع محاولتنا النهوض من كبوة نهاية القرن - وهو الوقت الذي تعلمنا فيه أن العرقيات يمكن تطهيرها، والمدارس الثانوية يمكن أن تصير مجازر، والحكام يمكن أن يكونوا عاجزين عجزاً مقززاً — نجد أولادنا جالسين بجوارنا. ثمة حقيقتان مهمتان، هما ارتفاع معدلات الاكتئاب أصبحت ملحوظة جداً بين المراهقين والشباب، ومسببات الضغط الرئيسة في مقتبل الحياة تزيد بشكلٍ مؤكد خطر الإصابة بالاكتئاب في الكبر. الطفولة هي المرحلة التي يتعلم فيها الإنسان مدى سيطرته على ظروفه الخارجية وفعالية هذه السيطرة، وما مصادر الراحة التي يمكنه الاعتماد عليها. وقد سمحنا لأطفالنا أن يتعلموا منذ نعومة أظفارهم سراً قاتلاً، وهو أن العالم مليء بالآلام والأحزان، وأنه لا يوجد ما نفعله حيال جلّ ما نعانيه. ولا يوجد طفل يمكنه أن يكون ماهرا كشابٍّ في إقامة أسوار محيطية في مواجهة هذا الاكتشاف، ولربما تمثلت إحدى الاستجابات في تطوير إحساس غير مبال بالحقوق، فتكون بحبوحة العيش أفضل انتقام، وهي النزعة التي صارت وباء في حد ذاتها. أمَّا الاستجابة الأخرى — وهي أكثر انتشاراً بين من يخلطون التعاطف بتأمل وضعهم الإنساني — فهي انخفاض عتبتهم في تعلمهم اليأس. وقد بُثت بذور هذا اليأس بالفعل في الجيل القادم.

ولكن ماذا عن الحياة بطريقة أفضل من خلال الكيمياء، وأقصد حبة الدواء المستقبلية التي ستجعلنا أكثر صحة وتقينا الشعور بالألم؟ مضادات الاكتئاب المتوافرة حالياً ليست فعالة

جدا بشكل عام، كما يضطر كثيرون من مرضى الاكتئاب للتوقف عن تناول أدويتهم بسبب آثارها الجانبية المفرطة، وهناك مرضى آخرون يضطرون لتجربة عقاقير مختلفة لسنوات قبل أن تخف آلامهم، وهناك كثيرون لا تخف آلامهم أبداً. ولكن لماذا لا نفترض أننا سنشهد في نهاية المطاف ضربة قاضية تتمثل في اختراق دوائي يقضي على الاكتئاب قضاء مبرما؟ من الواضح أن هذا لن يحدث، وأن العلماء يعرفون ذلك. حاولت دون جدوى أثناء كتابتي هذه السطور أن أجد مدير تسويق بأي شركة أدوية يدلي لي بتصريح من قبيل: "الاكتئاب؟ شيء سهل جدا، وسيتم التغلب عليه بعد عشرين سنة". بل إن الأشخاص الذين عينوا في وظائفهم الحالية ليكونوا متفائلين تجاه التغلب على مرض ما، لم يبذلوا أي وعود بشأن هذا المرض.

وهذه ليست مفاجأة. إذ يمكن تحقيق تقدم طبي بطرق مختلفة، منها تجفيف المستنقعات للقضاء على البعوض، أو تتبع آخر حالة إصابة بالجدري في العالم في قرية أفريقية، أو فهم كيف تتحول الخلية إلى خلية سرطانية، أو كيف يقوم فيروس ميكيافيليٌّ بتدمير جهاز المناعة الذي كان يهدف في الأصل إلى تدميره (أي الفيروس). ولكن الاكتئاب مشكلة طبية تقهر جميع هذه المقاربات، فلن تجد أبدا لقاحاً ضد صروف الدهر. أخيرا فإن السؤال الذي يجب أن يطرحه الواحد منا على العلماء الذين يبحثون في هذا المرض والأطباء السريريين بل وعلماء النفس النشوئيين ليس: لماذا سيصاب كثيرون منا بالاكتئاب، بل: كيف سيتمكن معظمنا من تجنبه؟

روبرت إم. سابولسكي (Robert M. Sapolsky): أستاذ العلوم الحيوية وأستاذ علم الأعصاب بكلية الطب بجامعة ستانفورد، وباحث مشارك بهيئة المتاحف الوطنية في كينيا. رغم أن أبحاثه الرئيسة تتركز على الضغط النفسي والأمراض العصبية في المختبر، فإنه قام على مدى ثلاث وعشرين سنة برحلات إلى سيرينجيتي في شرق أفريقيا لدراسة مجتمع من السعادين المتوحشة. والعلاقة بين الشخصية وأنماط الأمراض المرتبطة بالضغط النفسي لدى هذه الحيوانات، حيث استلهم آخر كتبه وهو "ذكريات أحد الرئيسات" (A Primate>s Memoir) من السنوات التي قضاها في أفريقيا. ألّف "الضغط النفسي وشيخوخة المخ وآليات موت الخلايا العصبية" (Stress، the Aging Brain، and the Mechanisms of Neuron Death)، و"مشكلة التيستوستيرون ومقالات أخرى حول بيولوجيا المآزق البشرية" (The Trouble with Testosterone and Other Essays on the Biology of the Human Predicament)، و"لماذا لا تصاب الحُمُر الوحشية بالقرح: دليل الضغط والأمراض المرتبطة بالضغط والتغلب عليها" (Why Zebras Don>t Get Ulcers: A Guide to Stress، Stress-Related Diseases، and Coping)، وهذان الأخيران لغير المتخصصين.

ستيفن ستروجاتز

اكتشاف فيرمي الصغير ومستقبل الشواش ونظرية التعقيد

في الثاني من ديسمبر/كانون الأول عام 1942، وخلال تجارب سرية كانت تجرى في ملعب للاسكواش بجامعة شيكاغو، أنجز إنريكو فيرمي (Enrico Fermi) أول تفاعل متسلسل مستمر ذاتيا، وهي خطوة حاسمة في تطوير القنبلة الذرية. هكذا سيتذكر الناس - على الأقل عامتهم - فيرمي دائماً، أمَّا بين العلماء فهو يتبوأ مكانة مرموقة لسعة أفقه، وربما كان آخر من احتل القمة في مجاله كعالم نظري وتجريبي. جاء في تقييم جاكوب برونوسكي (Jacob Bronowski) السهل الممتنع لفيرمي: "استوقفني بوصفه أذكى رجل وقعت عليه عيناي. حسناً، لعله الأذكى باستثناء واحد فقط. كان مكتنزاً ضئيل الجسم قوياً حاد الذهن ذا روح رياضية، وكان الاتجاه الذي يمضي فيه واضحاً في ذهنه دائماً كما لو كان يرى صميم الأشياء".

لعب فيرمي قبيل وفاته سنة 1954 لعبة مرحة يسميها الفيزيائيون المسألة الدمية (toy problem)، وكانت عبارة عن سؤال بسيط حلو، لم يكن المقصود منه أن يكون شيئا واقعيا للغاية، بل مجرد طريقة لاستكشاف قضية جوهرية كانت دائما تثير تساؤلاته، وقد حانت فرصته عندئذ. كان فيرمي في زيارة للوس ألاموس (Los Alamos)، وكان يبحث عن عذر لاختبار "مانياك" (MANIAC) الجديد، أول كمبيوتر عملاق في العالم. كان أشبه بسيارة رياضية لم يستطع مقاومة إغرائها.

كان فيرمي يعمل في ذلك الوقت بمشاركة جون باستا (John Pasta) وستانيسلو أولام (Stanislaw Ulam)، فطلب إلى الآلة محاكاة آلاف من ذبذبات سلسلة مرنة تضم اثنين

وثلاثين جزيئاً. كان يُفترض أن يمثل النظامُ بكامله شبكيةً شعرية نموذجية أحادية البعد من ذرات تمسكها روابط كيميائية. ففي حالة الذبذبات الصغيرة، تتصرف الروابط الكيميائية خطيّا (linear)، فتمددها بمقدار الضعفين وتسحبها بشدة مضاعفة. وفيزياء الحالة الصلبة التقليدية بكاملها مبنية على هذا التقريب. لكن فيرمي كان يعلم أن الروابط الحقيقية ستتصرف لاخطيّا (nonlinear) إذا صارت الذبذبات كبيرة، ولم يكن أحد يعلم ماذا سيحدث في تلك الحالة. لم يكن بمقدور الرياضيات المتاحة في ذلك الحين تقديم الجواب، ولم يكن بمقدور أحد أن يحل معادلات نظام لاخطّي لمثل هذا العدد من الجزيئات.

بالطبع كان ذلك هو المقصود. لقد اخترع فيرمي هذه المسألة لأنها استعصت على الطرق التقليدية. عندئذ، وبمساعدة الكمبيوتر مانياك، كان فيرمي وزملاؤه بصدد تسليط الضوء على اللاخطية، التي كانت البقعة الأشد ظلمة في الفيزياء التقليدية. ما اكتشفوه كان مذهلاً. كانوا يتوقعون أنهم عندما يشوشون السلسلة من حالتها المستقرة، فإن اللاخطيات ستتسبب في النهاية في إبطاء النظام، أي أن النظام ينحل إلى حالة من العشوائية، مع اهتزاز جميع أشكال الذبذبات الممكنة بقوة متساوية. هذا ما كانت الديناميكا الحرارية تقول إنه سيحدث، ولكن الكمبيوتر قال لا. فبعد وقت طويل جداً، عادت الجزيئات إلى أوضاع انطلاقها بدقة تكاد تكون تامة. كانت هذه النتيجة الغريبة أول دلالة تحصل عليها البشرية على أن اللاخطية يمكن أن تكون مصدراً لنظام مدهش. فاللاخطية تسبب الشواش (chaos) واللاخطية تنهيها.

سُرّ فيرمي بظاهرة الصدى (echo phenomenon)، التي كان يتحدث عنها بودّ، بحسب أولام، ويسميها "اكتشافٌ صغير". لكن لسوء حظ فيرمي وافته المنية قبل أن يرى النتائج منشورة. لم يسترح باستا وأولام لكتابة الورقة البحثية المشتركة دون فيرمي، فوزّعاها بدلاً من ذلك في صمت كتقرير داخلي في لوس ألاموس، وانتظرا عشر سنوات قبل أن ينشراها ضمن أعمال فيرمي الكاملة.

بالعودة إلى خمسينيات القرن العشرين، نجد أن مسألة فيرمي-باستا-أولام لابد أنها كانت تبدو شديدة الغرابة. كان مدار علم الفيزياء حينذاك حول الديناميكا الحرارية الكمية. لم يكن ثمة أحد يفكر في شيء عتيق وممل مثل الميكانيكا التقليدية. ألم تُقتل هذه بحثا طيلة ثلاثمائة سنة؟ على العكس من ذلك، كان فيرمي يرى أن الموضوع لم يكد يُطرق بعد، إذ كانت جميع المسائل اللاخطية غامضة كما كانت من قبل. باسترجاع الأحداث، يمكننا إدراك مدى بُعد نظر فيرمي، في اختياره للمسألة وفي التجربة الحاسوبية الثورية التي ابتكرها لمعالجتها. إن

نظرته لو عممت كما ينبغي تتناسب في الحقيقة بدرجة أكبر مع عصرنا ومع الخمسين سنة المقبلة من عمر الديناميكا اللاخطية.

سنة 1953، كان علم الديناميكا اللاخطية بالكاد يحلّ المسائل التي تضم مذبذبين (oscillator) مقترنين، ناهيك عن الأعداد الكبيرة منها. كانت المذبذبات تقع ضمن مجال عمل المهندسين، الذين تمكنوا خلال النصف الأول من القرن العشرين من بناء أجهزة رائعة استخدمت اللاخطية، منها الصمامات المفرغة التي كانت تعمل بها أجهزة المذياع والتلفزيون القديمة، وحلقة إقفال الطور (phase-locked loop) للرادار والاتصالات، وأجهزة الليزر في تكنولوجيا البصريات الدقيقة وجراحة العيون. كانت جميع هذه الاختراعات تعتمد على المذبذبات اللاخطية المستدامة ذاتياً، وتحديداً، على ميلها إلى التزامن مع بعضها البعض أو مع إشارة واردة. ولكن جميع هذه التكنولوجيات كان يستخدم أعداداً قليلة من المذبذبات، لا تزيد عادة عن واحد أو اثنين، أمَّا استخدام أعداد كبيرة فلم يكن يخطر ببال؛ إذ لم تكن رياضيات التنبؤ بالسلوك الجماعي لعدد كبير من هذه الوحدات قد ظهرت بعد.

كان علم الميكانيكا الإحصائي العلم الوحيد القادر على تناول أعداد هائلة من الجزيئات المتفاعلة، وهو فرع من علم الفيزياء الذي صُمّم أصلاً لتفسير سلوك الغازات المؤلّفة من ترليونات الجزيئات. كان فيرمي جهبذاً في الميكانيكا الإحصائية، وكان يعرف تماما أنها تعمل جيدا مع الأنظمة عند التوازن الديناميكي الحراري. لسوء الحظ أن ظواهر عدم التوازن كانت شيئا آخر تماماً. وكان ذلك بالضبط هو النتيجة المذهلة لعمليات محاكاة فيرمي-باستا-أولام، إذ أن النظام لم يستقرّ ولم يصل إلى التوازن بالطريقة المتوقعة. ولم يكن بمقدور الميكانيكا الإحصائية العادية فهم هذا الموضوع.

خلال السنوات الخمسين التي تلت تجربة فيرمي، وصل كل من الديناميكا اللاخطية والميكانيكا الإحصائية إلى مرحلة النضج، وكانا يتداخلان إلى حدٍ ما. فكثير من الانتصارات النظرية العظيمة التي تحققت في العقود القليلة الماضية سخّرت طرائق من كلا العلمين لتحقيق تقدم مبهر، إذ استخدم الفيزيائي ميتشيل فيجنباوم (Mitchell Feigenbaum) زمرة إعادة التطبيع (renormalization group) - طريقة فازت بجائزة نوبل مأخوذة من الفيزياء الإحصائية - ليبين أن هناك قوانين عالمية معينة تحكم الانتقال من السلوك النظامي إلى السلوك الشواشي. وسرعان ما تم إثبات تنبؤاته في أنظمة متنوعة مثل خلايا القلب والتفاعلات الكيميائية وأشباه الموصلات. أثبت اختصاصي علم الأحياء النظري آرثر ونفري (Arthur Winfree) أن

تزامن شبكات هائلة من المذبذبات الحيوية تشبه بشكل لافت انتقالا مرحليا، مثل التجمد المفاجئ للماء تحت درجة حرارة حرجة. نماذج أخرى إبداعية للأنظمة المعقدة (نموذج شبكات الجينات لستيوارت كاوفمان، أكوام الرمل ذاتية التنظيم لبير باك، والشبكات العصبية الصناعية لجون هوبفيلد) ألقت الضوء على اندماج الميكانيكا الإحصائية بالديناميكا اللاخطية.

يتبع التقدم في الديناميكا الخطية بنية منطقية تحكمها بعض المبادئ التنظيمية، أهمها أن الأنظمة الصغيرة أسهل من الكبيرة. كانت الأنواع الأولى التي فُهمت من المسائل اللاخطية هي التي تشمل متغيرين فحسب (مثل بندول الساعة المتأرجح الذي تتحدد حالته تماماً بمكانه الحالي وسرعته، وباعتبار هذين الرقمين، يمكننا التنبؤ بمكانه بدقه في أي لحظة في المستقبل).

أمَّا المسائل التي تشمل ثلاثة متغيرات فيمكن أن تكون أكثر تطرفا .. يمكن أن تكون شواشية (chaotic). يعني الشواش (chaos) أن النظام المحكوم بقواعد حتمية يمكنه على الرغم من ذلك أن يتصرف بطرق عشوائية لا يمكن – على ما يبدو – التنبؤ بها. في ضوء ما قام به إدوارد لورينتز (Edward Lorentz) وغيره من مُنظّري الشواش من عمل بين سنتي 1960 تقريبا و1985، تم التعرف على انتشار هذه الصورة الشاذة من السلوك وشرح ملامحها العامة. وأخذت تبرز على نحو غير متوقع في كل مكان، ابتداءً من التقلبات السكانية في الأنظمة البيئية إلى التنقيط غير المنتظم من صنابير المياه. وسرعان ما كان يجري تذليل الشواش لأغراض عملية مثل التشفير، بل وتأليف المقطوعات الموسيقية.

اتسعت رقعة الديناميكا اللاخطية منذ ذلك الحين، لتشمل أنظمة أكبر، وهي نموذجيا الشبكات المؤلفة من أعداد هائلة من الوحدات المتفاعلة. وفى هذا الصدد، نجد أن مسألة فيرمي-باستا-أولام، بمجموعتها الكبيرة من المذبذبات المقترنة، لها وجه معاصر. فضمن هذه الطبقة من هذه الأنظمة المقترنة، يوجد مزيد من المبادئ المنظّمة ترشدنا إلى أكثر المسائل قابلية للمعالجة، وبعضها مقولات عن عناصر فردية من الشبكة. على سبيل المثال، السلوك الجماعي للوحدات الذبذبية أسهل في التنبؤ به من سلوك الوحدات الشواشية. فالوحدات المتطابقة أسهل من المتنوعة. تتعامل المبادئ الأخرى مع كيفية اتصال هذه الوحدات، فالشبكات ذات الهيكلية النظامية أو العشوائية أسهل من الوحدات المتصلة بشكل أكثر تعقيداً. تقودنا هذه المؤشرات نحو دراسة أنظمة كبيرة تضم مذبذبات متطابقة مقترنة في شبكيات منفصلة أو أنساق بسيطة أخرى، وهذه هي الكيفية التي نشأت بها الديناميكا اللاخطية في السنوات القليلة الماضية. وهي من أشد الموضوعات سخونة. يتضمن التزامن في مجموعات مقترنة تضم العديد من أجهزة

الليزر أو الخلايا العصبية أو الموصلات الفائقة المعروفة باسم وصلات جوزيفسون بدلاً من الشبكيات المنفصلة. وينظر بعض الباحثين في تشكيل الأنماط في الأوساط المتصلة مثل الموائع والتفاعلات الكيميائية وأنسجة الأعصاب والقلب. ربما كان العمل الأكثر إثارة يتعلق بديناميكا الأمواج الحلزونية التي يعتقد أن لها علاقة بمرض الرجفان البطيني (cardiac arrhythmia) وهو أخطر صور اضطراب نبضات القلب.

قريب من هذه الأنظمة اللاخطية الكبيرة ما أسماه الباحثون في معهد سانتا في (Santa Fe Institute) "المنظومات التكيفية المعقدة" (complex adaptive systems) وهي عوالم متخيلة مؤلفة من ملايين المتنافسين من كائنات حية أو كيمياويات أو شركات أو متعاملين في الأسهم، يتكيفون مع بيئاتهم ومن ثم يغيّرون هذه البيئة لكل من عداهم. نماذج المحاكاة الحاسوبية الخاصة بهذه المواقف تخمينية بلا شك، ولكنها تقدم دلالات مثيرة على أثر الانتخاب الطبيعي على تشكيلة هائلة من المسائل، منها مرونة الأنظمة البيئية، والأصول الكيميائية للحياة، وصراع الشركات في السوق، وانتعاش أسواق الأسهم وانهيارها.

من أوجه مختلفة، تمثل عمليات المحاكاة الداروينية الحفيد العقلي لدراسة فيرمي-باستا-أولام. لاحظوا التشابه في كيفية تعاملها مع الكمبيوتر، ليس كمطحنة أرقام بل كأداة استكشافية أو كمشعل يساعدنا على تلمّس طريقنا في الظلام. لاحظوا الافتتان المشترك بالنظام غير المتوقع في الأنظمة اللاخطية المعقدة.

ولاحظوا غياب الواقعية في هذه النماذج. إن المنظومات التكيفية المعقدة التي يحاكيها الكمبيوتر اليوم ما هي إلا صور كاريكاتورية بدائية للأنظمة البيئية والأسواق الحقيقية، مثلما كانت سلسلة الجزيئات أُحادية البعد التي قال بها فيرمي، تبسيطاً مقصودا للشبكية البلّورية. وهذه استراتيجية جيدة في الوقت الراهن، ولكن هذا الحقل لابد أن ينضج في غضون العقود القليلة المقبلة. أما التحدي فيكمن في إيجاد طرق تضمن مزيداً من الواقعية دون التضحية بالإلهام.

تكمن العقبة الأولى في وصف خواص توصيلية الشبكات المعقدة. فبدلا من الطوبولوجيات العشوائية أو المنتظمة المثالية المفترضة في نماذجنا الحالية، نحن بحاجة لأن نتعلم كيف يتم فعلا هيكلة الشبكات الحقيقية؛ فهذا ضروري إذا أردنا فهم عمل المخ أو سبب تسرطن الخلايا. بدأنا في السنوات الثلاث الماضية استكشاف الهيكلية التفصيلية للشبكات ابتداءً من شبكات الطعام والأجهزة العصبية وانتهاءً بشبكات الكهرباء وشبكة الإنترنت. المفاجأة أنها رغم تنوعها المذهل، تشترك في بعض العناصر البنيوية العامة.

نذكر على سبيل المثال أنها جميعا تشترك في ظاهرة العالم الصغير (small-world phenomenon) المعروفة باسم ست درجات من التباعد أي أن جميع أزواج العُقد متّصلة بواسطة سلاسل بائنة القِصَر من الحلقات، علاوة على أن عدد وصلات كل عقدة يميل إلى اتباع أحد توزيعات قانون الاستطاعة (power-law distribution) مع وجود طرف أشد كثافة من المنحنى الجَرَسي الطبيعي، مما يعني أن الغالبية العظمى من العُقد متصلة على نحوٍ ضعيف، وإن كان هناك عدد كبير من المحاور العملاقة (مثل ياهو على الإنترنت، ومركب أدينوسين ثلاثي الفوسفات في شبكات التفاعل الكيميائي الحيوي). لابد أن تؤثر هذه الملامح الطوبولوجية على أنواع الديناميكا الجماعية التي يمكن أن تدعمها الشبكات، أي على مقاومتها للتوقف العشوائي أو الهجوم المتعمد، وعلى قدرتها على نشر العدوى أو دعم الحوسبة العالمية، وما إلى ذلك، ولكننا في الوقت الراهن ليس لدينا فكرة عن كيفية الربط بين طوبولوجيا الشبكة وديناميكيتها العامة.

والواقع أن لدينا عددا قليلا من النماذج الجيدة للديناميكا خارج نطاق العلوم الفيزيائية. فعلى الرغم من أن الشبكات منتشرة في علوم الأحياء والاجتماع والاقتصاد، فإن معرفتنا محدودة جداً بالقواعد التي تحكم التفاعلات بين الجينات أو الناس أو الشركات. وهذه هي العقبة الثانية التي يجب التغلب عليها في غضون الخمسين سنة المقبلة. فلن تعدو نماذجنا الخاصة بالأنظمة المعقدة كونها صورا كاريكاتورية إلا إذا وجدنا طريقا لاستنتاج الديناميكية المحلية من البيانات.

ثمة مثال نموذجي على كيفية القيام بهذا يتمثل في ما قام به ألان هودجكين (Alan Hodgkin) وأندرو هكسلي (Andrew Huxley) سنة 1952 من إعادة تركيب الديناميكية العصبية من خلال قياساتهما الكهروفسيولوجية للمحور العصبي للحبّار، إذ تمكنا من إجراء تجارب أمكن خلالها تعديل الفولطية عبر غشاء العصب حسب أيّ قيمة وتثبيتها عند ذلك. فبقياس تدفق الصوديوم والبوتاسيوم والتيارات الأخرى خلال الغشاء كوظيفة للفولطية، توصلا إلى صورة دقيقة للديناميكية اللاخطية لخلية عصبية واحدة.

تتمثل المشكلة بالطبع في أن هذه الاستراتيجية ليست عامة بما يكفي. فقد يكون من المستحيل في ظروف أخرى تثبيت أي متغير عند سلسلة من المستويات المطلوبة. ومع ذلك ربما يكون هناك مزيد من الطرق غير المباشرة للتوصل إلى الاستنتاجات المطلوبة. تأملوا على سبيل المثال الشبكات الجينية التي تتحكم في عمل الخلية. مع توفر رقائق الدي إن أيه (DNA) حاليا، يمكننا قياس النشاط المتزامن لآلاف الجينات المختلفة كدالة زمنية، ولكننا مازلنا لا نعرف أي الجينات يتحدث مع أيّها، وكيف تؤثر على أنشطة بعضها البعض بطريقة كمّيّة. وكل هذه المعلومات

ينعكس بطريقةٍ ما في البيانات المسجلة على رقائق الدي إن أيه، ولكننا لا نستطيع أن نحل هذه الشفرة. إذا استطعنا تطوير طرق منهجية لاستنتاج الديناميكية من قياسات السلاسل الزمنية المتعددة، فإن هذا التقدم ستكون له مضامين كثيرة لا تقتصر على علم الأحياء فحسب بل تتعداه إلى علمي الاجتماع والاقتصاد أيضاً.

إن مشكلة وصف التوصيلية أسهل بكثير من مشكلة استنتاج الديناميكية. ومع ذلك فحتى لو نجحنا في التغلب على هاتين العقبتين فسوف نصطدم بأكبر عقبة على الإطلاق. ولا مفرّ من ذلك عندما نلتزم باستكشاف الأنظمة اللاخطية التي تضم ملايين المتغيرات المتفاعلة. برزت هذه المشكلة في صورتها الأولية في مسألة فيرمي-باستا-أولام، والحقيقة أن أحداً لا يعرف ماذا يُفعل بشأنها. لقد ظللنا نتجاهلها أو نستسهل تغيير الأسئلة التي نطرحها، ولكن في وقتٍ ما سيتعين أن نواجهها مباشرةً.

المشكلة ببساطة أن أمخاخنا تستطيع تصور ثلاثة أبعاد فقط، وقد جُبلنا على هذا خلال النشوء. ولربما تَمكّنا من خلال التدريب بمساعدة الكمبيوتر أن ندرك إدراكا محدودا عددا أكبر بعض الشيء من الأبعاد، ولكني أشك أننا سنتمكن يوما ما من تصور الملايين.

لم يهمنا هذا الأمر؟ لأنه طيلة مئة سنة منذ اكتشف هنري بوانكاريه (Henri Poincaré) الشواش في مسألة تجاذب الأجسام الثلاثة، ظلت الهندسة أكبر حليف لنا في الديناميكا اللاخطية. ولا ننس أن المعادلات اللاخطية عموماً لا يمكن حلها في الشكل المغلق، وبالتالي فإن الصيغ الجبرية لا تصلح. ولكن بوانكاريه أثبت أننا لسنا بحاجة إلى صيغ؛ إذ يمكن للمرء برسم الصور الصحيحة أن يفهم كثيرا من الملامح النوعية الرئيسة للنظام اللاخطي. وتعيّن طريقة بوانكاريه محوراً لكل متغير حالة (state variable)، وبالتالي فعندما يشتمل الأمر على متغيرين أو ثلاثة فقط، يمكننا أن نتصور الديناميكية بسهولة. ولكن بالنسبة لمسائلنا اليوم التي تحتوي على ملايين المتغيرات، نجد أنفسنا في مأزق.

مازالت الطريقة الهندسية مفيدة، وقد أُحرز بعض التقدم باستخدام صور استدلال أكثر تجريداً، ولكن دون تصور مباشر، نحن عميان ديناميكيا.

هذا هو سبب استعصاء الاضطراب (turbulence) على الفهم النظري منذ زمن طويل. على الرغم من معرفتنا المعادلات التي تحكمه منذ ما يزيد على قرن من الزمان، لا نستطيع فهم كيفية تصرف حلولها في "فضاء الحالة" (state space) الذي عرّفه بوانكاريه. ونحن على

وجه التحديد لا نستطيع تصور الجواذب، وهى جوهر الديناميكا طويلة المدى، لأن فضاء الحالة لامتناهي الأبعاد.

يمكنك أن تحتج بأننا قتلنا هذا الموضوع بحثا من قبل. في الميكانيكا الإحصائية للغازات أو المغناطيسات، فضاء الحالة له عدد أفوجادرو من الأبعاد (عدد يتألف من 23 رقماً)، ومع ذلك فإننا نفهم هذه الأنظمة فهماً ممتازاً. هذا صحيح، ولكن شريطة أن تكون عند التوازن الثيرموديناميكي. عندها نعرف الخواص الإحصائية للسلوك طويل المدى، وهذا ما يعلمنا إياه توزيع التوازن. وهذا بالضبط سبب مشكلاتنا اليوم. نحن لا نفهم السلوك طويل المدى للأنظمة المعقدة لأنها بعيدة عن التوازن. وبما أننا لا نستطيع تصور الجواذب أيضاً، فنحن لا ندري ماذا نفعل.

وكما قال ريتشارد فينمان (Richard Feynman) قبل أربعين سنة: "ربما يتمخض العهد العظيم المقبل لصحوة العقل البشري عن طريقة لفهم المحتوى النوعي للمعادلات. نحن لا نستطيع فهمها اليوم. لا نستطيع إدراك أن معادلات تدفق الماء تحتوي أشياء مثل بنية الاضطراب التي يراها المرء بين اسطوانات دوارة. لا نستطيع اليوم أن ندرك ما إذا كانت معادلة شرودينجر تحتوي على ضفادع أم مؤلفين موسيقيين أم أخلاقيات أم لا. لا نستطيع أن نقول ما إذا كنا نحتاج إلى شيء أكبر منها (مثل الإله) أم لا. وهكذا فإننا جميعاً يمكننا التمسك بآراء قوية في كلتا الحالتين".

إذا قُدّر لنا يوما أن نبلغ ذلك العهد العظيم القادم من صحوة العقل البشري، فسوف نحتاج إلى من ينقذنا من شيطان البُعدية (dimensionality). ابحثوا عن كمبيوترات تنقذنا. فما إن تصبح هذه الكمبيوترات على قدر معقول من الذكاء، سيكون بمقدورها تصور أي عدد من الأبعاد. إنها تؤدي اليوم المهام الروتينية المتمثلة في عمليات المحاكاة، وربما سيأتي يوم تقوم فيه باستنتاج قوانين التنظيم الذاتي في المنظومات المعقدة.

يثير هذا التكهن قضية أوسع وهي: هل سنستمتع رغم ذلك بممارسة العلم النظري عندما يصبح بمقدور الكمبيوترات فعل ذلك أفضل منا؟ لو أنها تصوغ رؤاها الثاقبة بعبارات نوعية يمكننا استيعابها، فستبدو كالأطراف الصناعية (أي مجرد امتدادات لأنفسنا لا تشكّل أي تهديد فلسفي أكثر مما تشكله الميكروسكوبات الالكترونية)، وإلا فإنها لو تركتنا دون علم، فستبدو مثل الكهنة، يتسمون بالغموض وكثيرا ما يكونوا مزعجين. وهذا ما يحدث بالفعل في بعض جوانب الرياضيات، حيث توصلت الكمبيوترات إلى برهان بعض النظريات، ولكن نظرا لأن هذه البراهين تحتوي على حالات فرعية عديدة ومعقدة، لا يستطيع أي إنسان التأكد من صحتها. وبعض نقلات الشطرنج التي قام بها الكمبيوتر "ديب بلو" (Deep Blue) ضد جاري كاسباروف (Kasparov) اتسمت بهذه الطابع.

أتساءل ما إذا كان هذا هو ما يخبئه المستقبل للأبحاث التي تجرى على الأنظمة المعقدة. ولربما ينتهي بنا المطاف كمتفرجين عاجزين عن مجاراة الآلات التي صنعناها ومشدوهين باستنتاجاتها المذهلة.

ربما كان إنريكو فيرمي أول إنسان ينتابه هذا الإحساس المخيف. فابتكاره للتجربة الحاسوبية استحدث طريقة جديدة تماما لممارسة العلم. وجدير بالذكر في هذا المقام أن ما مكّنه من إجراء التجربة هو العمل الذي قام به معاصره جون فون نيومان (John von Neumann)، صاحب أول كمبيوترات عالية السرعة، والرجل الذي وصفه جاكوب برونوسكي ذات يوم بقوله: "أذكى رجل عرفته في حياتي دون استثناء".

ستيفن ستروجاتز (Steven Strogatz): أستاذ بمركز الرياضيات التطبيقية بجامعة كورنيل، ومؤلف الكتاب التعليمي الأكثر مبيعاً "الديناميكا اللاخطية والشواش: مع تطبيقات في الفيزياء والأحياء والكيمياء والهندسة" (Nonlinear Dynamics And Chaos: With Applications to Physics، Biology، Chemistry and Engineering) وكتاب "التزامن" (Sync) الذي أوشك أن يصدر. نشرت أبحاثه الرائدة على نوم البشر، والإيقاع اليومي، والمذبذبات المقترنة، واليراعات المتزامنة، ووصلات جوزيفسون وشبكات العالم الصغير في مطبوعات ووسائل إعلامية مثل "نيتشر" (Nature) و"ساينس" (Science) و"ساينتيفيك أميركان" (Scientific American) ونيويورك تايمز ونيويوركر وهيئة الإذاعة البريطانية ومحطة سي بي إس نيوز.

ستيوارت كاوفمان

ما الحياة؟

في هذا العصر المظفّر، عصر علم الأحياء الجزيئي وأول مسودة للجينوم البشري، ربما نكون افترضنا أننا سنعرف الإجابة على سؤال: ما الحياة؟ ولكننا لا نعرف الإجابة. نحن نعرف شذرات عن الآلية الجزيئية، وأكثر من ذلك قليلاً عن الدوائر الاستقلابية، ودوائر الشبكات الوراثية، ووسائل التخليق الحيوي للأغشية، ولكن ما يجعل الخلية حرةَ المعيشةِ حيةً، فهذا ما لا نعرفه.

أشك أننا سنتمكن في غضون الخمسين سنة المقبلة من الإجابة على هذا السؤال، لأن الإجابة ستتطلب تغييراً ملحوظاً في الفيزياء والكيمياء ناهيك عن الأحياء. والحقيقة - بالنسبة للأحياء - أن فهم أساسيات ماهية الحياة سيمهد الساحة أمام علم أحياء عامّ متحررٍ من قيود علم الأحياء الأرضي (terrestrial biology) الذي لا نعرف سواه. سيكون بمقدورنا أن نسأل عمّ إذا كانت هناك قوانين تحكم الأغلفة الحيوية في أي مكان في الكون.

الأمر ليس فشلا من جانب العقول اللامعة في البحث عن إجابة. ولعل أشهر المحاولات في هذا الشأن كتابٌ يحمل عنوان هذه المقالة، نُشر في أثناء الحرب سنة 1944م لعملاق الفيزياء إرفن شرودينجر (Erwin Schrödinger). ومع ذلك لم تكن الإجابة عن السؤال المحوري في ذلك الكتاب المتألق تجيب عن السؤال الذي يطرحه عنوان ذلك الكتاب وهذا المقال. كان سؤال شرودينجر حول مصدر النظام المذهل في المنظومات الحيوية، إذ استنتج في معرض إجابته أن هذا النظام لا يمكن أن يُعزى إلى المتوسطات الإحصائية التي يتوقع فيها المرء تماوجات على مقياس الجذر التربيعي لعدد الجزيئات. أدرك شرودينجر بحقٍّ باستخدام معدلات حديثة لتحريض الأشعة السينية بالنسبة للطفرات أن الجين يمكن أن يتكون على أقصى تقدير من بضعة مئات إلى

بضعة آلاف من الذرات. تماوجات الجذر التربيعي (n) لم تكن تتناسب مع قابلية التوريث التي تظهرها الكائنات الحية، لذا حقق شرودينجر قفزات ذكية، واحتجّ بأن النظام يقتضي استقرار الروابط الكيميائية وخصوصاً الروابط التساهمية التي تعتمد على الفيزياء الكمية لا الفيزياء التقليدية. عندئذ لاحظ شرودينجر أن الخلايا البلورية البسيطة لا "تقول" لنا شيئاً كثيراً؛ لأنه بمجرد معرفة تركيب بلورة الوحدة، فإن النسخ المتطابقة من هذه الوحدة لا تضيف أي قدرة على "قول" المزيد. لذا راهن شرودينجر بذكاء على البلورات اللادورية (aperiodic) التي تحتوي بنيتها التفصيلية على شفرة دقيقة (microcode) تحدد تطور الكائن الحي. وقد كان على حق؛ فلم تكد تنقضي تسع سنوات حتى اكتشف واطسون (Watson) وكريك (Crick) بنية المجسّم اللادوري للدي إن أيه (DNA)، ثم عقدٌ آخر حتى تمكنا من فهم الشفرة الدقيقة من منظور الشفرة الوراثية.

ولكن إذا كان شرودينجر تنبأ - بذكاء - بمصدر النظام في الكائنات الحية، فهل أجاب على سؤاله: ما الحياة؟ لا أظن ذلك، ولا يمكنني أن أفسر على الفور قناعتي هذه، وما هذا المقال إلا جزء من جهودي لعرض محاولة بديلة لحل هذا السؤال.

سأبدأ بصورة مختلفة وسؤال. تخيلوا بكتريا تسبح صاعدة في تدرّج جلوكوز. سنقول جميعا بلا تردد عن البكتريا – دون أن ننسب إليها أي وعي - إنها في طريقها للحصول على طعام. بمعنى أن البكتريا تقوم بعمل ما بنفسها في بيئة معيّنة. سوف أطلق على النظام الذي يقوم بفعلٍ بنفسه في بيئة معينة اسم الوكيل المستقل (autonomous agent)، وجميع الخلايا حرّة المعيشة والكائنات الحية وكلاءٌ مستقلون. ولكن البكتريا "مجرد" نظام طبيعي من الجزيئات منظم بطريقة ما. إذن فسؤالي لن يكون: ما مصدر النظام في البيولوجيا؟ بل: ما الصورة التي يجب أن يكون عليها النظام الطبيعي ليكون وكيلاً مستقلا؟

سوف أتعجل وأعطيكم جوابا مبدئيا: أعتقد أن الوكيل المستقل يجب أن يكون نظاما طبيعيا قادرا على التكاثر ذاتيا وقادراً أيضاً على القيام بدورة شغل ديناميكية حرارية واحدة على الأقل. تأملوا البكتريا مثلا وستجدوا أن محركها السوطيّ يدور ويبذل شغلا ضد الوسط المائي الذي تسبح فيه. إذن فالبكتريا قادرة على التكاثر كما أنها - من خلال سباحتها – تقوم بدورات شغل.

هناك عدد من المسائل تسترعي انتباهنا فوراً. فعندما أصف البكتيريا بأنها تشتغل بنفسها، أطبق في الحقيقة لغة نستخدمها في وصف أفعال البشر. فبالنسبة للبشر، نجد أن مفاهيم "الفعل" و"الشغل" و"الغاية" و"الاختيار" كلها مألوفة وأجزاء أصيلة من إحدى ألعاب

اللغة عند فتغنشتاين (Wittgenstein) - أو طريقة حياة - نعيشها جميعاً. حتى وإن كان ينبغي أن نظن أنه من المقبول تطبيق مفهوم "الشغل بنفسها" على البكتريا، فإن السؤال المزعج، من أين تأتي لغة الفعل والشغل والغاية التي تنطبق على البشر في عالم من الفيزياء، سيطرح نفسه. نحن أيضاً. لسنا إلا أنظمة فيزيائية، لذا دعونا نتخطى مشكلة العقول الأخرى (other minds) الفلسفية، ومشكلة إلى أي مدى نريد التوسع في لعبتنا اللغوية في العالم الحيوي. إحساسي أننا في الواقع نوسع تلك اللغة لتشمل الكائنات الحية حرةَ المعيشة، حتى البكتريا وحيدة الخلية، ناهيك عن زوجين من الطيور يبنيان عشاً، أو عن كلبك الذي يلاحق العِصيّ التي أغراك برميها. إذن سلّموا جدلا بصحة سؤالي عن البكتريا. فلو كنت محقا، فإن الوكلاء المستقلين هم الشرط اللازم والكافي للعبة "الشغل والفعل" اللغوية، ومن ثم فهم يشتغلون بأنفسهم.

ربما في تعريفي المبدئي للوكيل المستقل وقعت على تعريف وافٍ لماهية الحياة. يقينا الوكالة والحياة متماثلان حتى في ضوء الحالات الحدية الحتمية – مثل البغال وما شابهها، وهي حية لا ريب، ولكنها لا تتكاثر. لن أصرّ على كفاية تعريفي للوكيل المستقل، ولا على كفايته كتعريف للحياة، ولكني أظنه كذلك.

إليكم كلمة موجزة عن التعريف الدائري في العلم. تأملوا تعريف نيوتن الشهير: ق = ك × ج (حيث "ق" هي القوة و"ك" هي الكتلة و"ج" هي العجلة)، واسألوا كيف يمكن تعريف ق بصورة مستقلة عن ك. القوة هي ما يعجّل الكتلة، والكتلة العاطلة هي ما يقاوم العجلة بالقوة. كان بوانكاريه (Poincaré) يرى – وأنا أؤيده في ذلك، وإن كان ليس جميع الفيزيائيين مثلي – أنّ ق = ك تعريفٌ دائريّ؛ فالقوة والكتلة معرفتان دائرياً لأن إحداهما تعرّف الأخرى. هذا التعريف الدائري لم يمنع علم الميكانيكا السماوية من أن يكون انتصارا كما نراه الآن. انظروا إلى دعوى داروين (Darwin) أن الانتخاب الطبيعي يختار التكيّفات (adaptation)، وأن لهذه التكيّفات خصائص تقود الكائنات الحية إلى أن تكون أكثر ملاءمة لإنجاب ذرية. ها نحن أولاء من جديد أمام تعريف دائري، لا يمنع نظرية النشوء من استخدام رؤى داروين بنجاحٍ كبير.

لأول وهلة، نجد تعريفي للوكيل المستقل تعريفا دائريا من نوعٍ ما، ووثبةً إلى لعبة لغوية جديدة هي لعبة الفعل والشغل. إنه ليس تعريفا دائريا بكل ما تعنيه الكلمة؛ إذ إن "التكاثر الذاتي" و"دورات الشغل" مُعرّفين تعريفا مستقلا عن الوكلاء المستقلين، ولكن تعريف الوكلاء المستقلين تعريفاً إضافياً بـ"القدرة على الشغل بأنفسهم" تعريف دائري. مرة أخرى أقول إن هذا لا يعني بالضرورة أن التعريف لا مغزى، ولا فائدة علمية له. فمع كفاحي لفهم وكشف مضمون تعريفي

المختصر للوكيل المستقل، انقدّت إلى تشعبات غريبة من التحليل المفاهيمي، توحي بأن التعريف على الأقل ثري ومستفزّ، وعلى الآخرين أن يقولوا إن كان سيثبت نفعه في نهاية المطاف.

إليكم وصفاً موجزا لنظام كيميائي مقبول ظاهرياً متكاثر ذاتياً، ويقوم بدورة شغل. ينبني هذا النظام في المقام الأول على جزء قادر على التكاثر، قد يكون شريطا واحدا من الدي إن إيه (DNA) طوله ستة نيوكليوتايدات، وقادر على حفز ربط سلسلتين طول الواحدة ثلاثة نيوكليوتايدات، وما إن يتصلا، يتبين أنه مطابق لسداسي الدي إن إيه الأصلي، أو سلسلة من 31 حمضا أمينيا قادرة على حفز الربط بين كسرتين. إحداهما بطول 15 حمضاً أمينياً، والأخرى بطول 17 حمضاً أمينياً، فيصيران نسخة من السلسلة الأصلية المكونة من 31 حمضا أمينيا. وبالمناسبة فإن نجاح "مجموعة غديري" في معهد سكريبس (Scripps) في حمل البروتين على التكاثر الذاتي يثبت نهائياً أن التكاثر الجزيئي لا يحتاج لأن ينبني على تناسخ القوالب (template replication) لجزئ يشبه الدي إن أيه أو الآر إن أيه (RNA).

إن الجزء الخاص بدورة شغل الوكيل المستقل الافتراضي يتحقق بشيء من الكيمياء الخيالية التي يتحلل فيها البيروفوسفات (PP) إلى 2 أحادي الفوسفات (P+P) مع فقدان الطاقة الحرة، التي تتحد مع التناسخ الزائد لسداسي الدي إن أيه أو سلسلة الـ 31 حمضا أمينيا. وكلمة "الزائد" هنا تعنى إنتاج الجزيء المتكاثر على نحو أكثر مما كان سينتج، لو لم يكن التفاعل التكاثري مقترنا بمصدر الطاقة الحرة المنطلقة من البيروفوسفات. ما إن يتحلل هذا البيروفوسفات، أتصور مصدرا آخر للطاقة الحرة عبارة عن إلكترون يمتص فوتون، ويثير الإلكترون. ومع عودة الإلكترون إلى حالة عدم الاستثارة، فإن مصدر الطاقة الحرة هذا يستخدم لدفع إعادة تخليق البيروفوسفات إلى مستويات تتعدى التركيز المتوازن الذي كانت ستحققه في غياب دفعة طاقة الإلكترون. إن وجود دورة الشغل يتقرر بفعل كون الفوسفات في دورة التفاعل [(PP) إلى (P+P) ثم العودة إلى (PP)□ "يدور" حول دورة التفاعل هذه بدلا من بلوغ التوازن. إنه محرك جزيئي يقوم بدورة عمل ديناميكية حرارية.

يبرز هنا عدد من خواص الوكيل المستقل المبدئي الذي تحدثت عنه. أولا: لا يعمل هذا النظام إلا إذا أُزيح من التوازن الكيميائي، فالوكالة مفهوم غير توازني. ثانيا: النظام فئة جديدة من شبكات تفاعل كيميائي لاتوازنية، أي شبكات تَقرِن بين التكاثر ودورات الشغل. كل ما هنالك أننا لم نربط بين هذين الموضوعين من قبل قطّ، ولكن يمكننا استقصاؤها اليوم بالتجربة. ثالثا: أوضح لي الفيزيائي فيليب أندرسون (Philip Anderson) أنه بالتخليق الزائد لسداسي الدي

إن أيه أو سلسلة الـ31 حمضا أمينيا، يكون النظام بكامله قد اختزن طاقة يمكن استخدامها فيما بعد لإصلاح الأخطاء، تماما كما يحدث في إنزيمات إصلاح الدي إن أيه في خلاياكم.

حتى هذه النقطة، يعدّ هذا المقال علماً مشروعاً. أما من الآن فصاعدا، فستصير الأمور، كلما تقدمنا، أشد غرابة، بل وربما أكثر إشكالاً.

الأمر الأول هو تمحيص مفهوم "الشُّغل" بمزيد من التفصيل. الشُّغل في نظر الفيزيائيين هو النتيجة المترتبة على تحريك القوة لجسم ما، خلال مسافة محددة ضد مقاومة. ويحدث الشغل بتعجيل قرص الهوكي بعصا الهوكي، وهو حاصل الطرفين ك × ج اللذين يشكلان الحركة المعجّلة.

ولكن هل الشغل بسيط إلى هذا الحد في نهاية المطاف؟ في أي حالة شغل، تُبذل القوة بطريقة "منظمّة" لإنجاز الشغل. ويدمج الفيزيائيون اعتبار تنظيم العملية في ظروفهم الأولية والحدية.

ولكن من أين جاءت هذه الظروف الأوّليّة والحدّيّة؟ هذا السؤال لا يجيب عليه الفيزيائيون، ويكفى، من منظور تحليل حركة قذيفة أُطلقت من مدفع، أن نتجاهل الأحداث السابقة ونأخذ الظروف الأولية للمدفع وارتفاعه والبارود ووزن الطلقة وحالة الرياح وغير ذلك ثم نجري العمليات الحسابية. ولكن صنع المدفع وحشوه بالبارود وإطلاقه وهلم جرا تطلب شغلا. وبطريقة ما، فإن مجمل كينونة حدث انطلاق المدفع يمتد عائدا إلى الانفجار الكبير. فالأغلفة الحيوية ما هي إلا نشأة ظروف أوّليّة وحدية جديدة دائماً على مدى 3.5 مليار سنة، ولن يكفى عزل الفيزيائيين جزءا من النظام "الآن" للإجابة على السؤال الخاص بنشوء هذه الظروف الأولية والحدية الجديدة دائما.

ثمة طريقة ثانية لنبدأ في إدراك أن هناك شيئاً ناقصاً في مفهوم الشغل هي أن ندرك أن النظام الديناميكي الحراري المنعزل - مثل غاز حبيس في علبة معزولة ديناميكياً حرارياً — لا يمكنه بذل شغل. ولكن إذا تم تقسيم العلبة إلى قسمين بواسطة غشاء، فإن أحد القسمين يمكنه بذل شغل على الآخر. نذكر على سبيل المثال أنه إذا كان ضغط الغاز أعلى في القسم الأول، فسوف ينتأ الغشاء في القسم الآخر، ويبذل فيه شغلاً ميكانيكياً. وبالتالي لا يمكن أن يتحقق الشغل في الكون ما لم يُقسم هذا الكون إلى قسمين على الأقل. علاوة على ذلك، من أين جاء الشغل؟

تعريف «الشّغل» الذي أجده أكثر ملاءمة يأتينا من كتاب بيتر أتكينز (Peter Atkins)

عن القانون الثاني للديناميكا الحرارية الذي أوضح فيه أن الشغل "شيء"، بمعنى انطلاق مقيَّد للطاقة. تأملوا أسطوانة داخلها مكبسٌ وغازٌ عاملٌ مضغوطٌ بين المكبس ورأس الأسطوانة. يمكن أن يتمدد الغاز فيبذل بذلك شغلاً على المكبس، فيدفعه إلى أسفل الأسطوانة. ما القيود؟ الواضح أنها الأسطوانة والمكبس وموضع المكبس داخل الأسطوانة والغاز المنحصر بينهما. ولكن من أين جاءت هذه القيود؟ حسناً، تطلب صنع الاسطوانة شغلاً، وتطلب صنع المكبس شغلا، وتطلب وضع الغاز ومن بعده المكبس في الأسطوانة شغلا. وهكذا نصل إلى دورة جديدة ممتعة لم يلاحظها أحد من قبل، إذْ يبدو أن إحداث القيود يتطلب شغلاً، وبذل الشغل يتطلب قيوداً!

الواقع أنه عندما يحاول المرء الكشف عن مفهوم شرودينجر الخاص بالمعلومات الموجودة في الشفرة الدقيقة لبلورته اللادورية، فإن "قول" شيء لن تكون له نتيجة فيزيائية إلا من خلال ترتيب القيود على انطلاق الطاقة التي تشكل شغلاً عند انطلاقها. ولكن هناك المزيد، لأن الطاقة المنطلقة التي تبذل شغلا يمكن استخدامها لتشكيل مزيد من القيود على انطلاق الطاقة، وهو ما يشكل مزيدا من الشغل، وهو ما يشكل بدوره مزيداً من القيود. لاحظوا أن هذه المفاهيم ليست موجودة في الفيزياء ولا في الكيمياء التي تعلمناها. يبدأ المرء ينتابه إحساس باطني بأن كل هذا التشكيل للقيود على انطلاق الطاقة (والذي مثله مثل الشغل يمكنه تشكيل مزيد من القيود على انطلاق الطاقة) تربطه علاقة وثيقة بوجود نظرية وافية حول تنظيم العمليات. حتى الآن ليس لدينا الخطوط العريضة لمثل هذه النظرية، وهي — أي الخطوط - يقينا ليست موجودة في نظرية المعلومات.

كما أن النقطة التي أطرحها ليست مجرد كلام رنّان. فالخلية المنقسمة تفعل بالضبط ما قلته تواً. نذكر على سبيل المثال أن الخلية تقوم بعمل ديناميكي حراري لتكوين جزيئات لبيدية (lipid) من الأحماض الدهنية ومن اللَّبِنات الأخرى (building block). وعندئذ يمكن لهذه اللبيدات الهبوط إلى بنية منخفضة الطاقة، أي طبقة لبيدية ثنائية تشكل "فقاعة" جوفاء تسمى ليبوزوم (liposome). والحقيقة أن أغشية الخلايا ما هي إلا هذه الطبقة اللبيدية الثنائية التي تشكل كرة جوفاء.

عندئذ تستخدم الخليةُ الغشاءَ ذاته لتغيير القيود. تأملوا زوجين افتراضيين من جزيئات عضوية صغيرة [(أ) و(ب)] يمكنهما أن يتعرضا لثلاث تفاعلات كيميائية مختلفة:

يمكن أن يتفاعل (أ) و(ب) لتكوين (ج) و(د).

يمكن أن يتفاعل (أ) و(ب) لتكوين (هـ).

يمكن أن يتفاعل (أ) و(ب) لتكوين (و) و(ز).

لكل من هذه التفاعلات إحداثيات تفاعلية (coordinate). وهكذا فإنه مع تفاعل (أ) و(ب) لتكوين (ج) و(د)، تقوم جدران وحواجز الكمون الكيميائي (chemical potential) بتوجه الجزيئين المتفككين (أ) و(ب) إلى الجزيئين الناتجين (ج) و(د). كما تقوم جدران وحواجز مماثلة بتوجيه التفاعل لتكوين (هـ) و(و) و(ز). عندئذ تشكّل جدران وحواجز الكمون الكيميائي قيوداً على تفاعلات (أ) و(ب). علاوة على ذلك، لندع (أ) و(ب) ينحلان من الجزء الداخلي المائي للخلية إلى غشائها. وما إن تصل إلى الغشاء، تتبدل أنماط حركة الجزيئين (أ) و(ب) الإزاحيّة والدورانيّة والاهتزازيّة، وهذا بدوره يغيّر جدران وحواجز الكمون الكيميائي وارتفاع الحاجز الذي يفصل (أ) و(ب) عن (ج) و(د) أو عن (هـ) أو عن (و) و(ز). وهكذا فإن تكوين غشاء الخلية الذي اقتضى بذل شغل ديناميكي حراري قد غيَّر القيود على التفاعلات الكيميائية التي يقدر عليها (أ) و(ب). كذلك فإن الخلية تبذل شغلا ديناميكيا حراريا لربط الأحماض الأمينية بالإنزيم البروتيني الذي يتصادف أنه يربط (أ) و(ب) ويحولهما إلى (ج) و(د) لا إلى (هـ) ولا إلى (و) و(ز). وبالتالي فإن الخلية تبذل شغلا ديناميكيا حراريا لتشكيل قيود على انطلاق الطاقة (الكيميائية في هذا السياق) عبر ممرات معينة. وعندما تنطلق هذه الطاقة فإنها تستطيع بذل شغل لتشكيل مزيد من القيود.

ما قلته صحيح، ولكن أحداً لا يتحدث عنه عادةً. في الواقع تبذل الخلية ما صرت أسمّيه "شغلاً تكاثريا"، بمعنى شغل يربط انطلاق الطاقة المنظم في مرحلةٍ ما بتشكيل القيود وانطلاق الطاقة المنظم في مراحل أخرى وهذا يمثل ختام العملية الذي تقوم الخلية بواسطته بتكوين نسخة تقريبية من نفسها. يتم تنظيم العملية من قبل أي خلية منقسمة، ومع ذلك فمن المفاجئ ألا تكون لدينا لغة - على الأقل لا توجد لغة رياضية أعلم بها - قادرة على وصف ختام عملية تنتشر مع تصنيع الخليةِ خليتين ثم أربع ثم مستعمرة وأخيراً غلافا حيويا. هذا التنظيم المتكاثر ذاتيا للعملية يدخل ضمن مفهوم الوكيل المستقل. لاحظوا، رغم أن ما قلت لا يخالف أي قانون فيزيائي، فإن الفيزياء والكيمياء فيما يبدو تفتقران إلى اللغة التي تناقشه. لاحظوا - أيضاً - مدى ثراء التعريف المبدئي "للوكيل المستقل" الذي أخذ يتبدى لنا. وبطريقةٍ ما لا يسعني إلا تخمينها، تُظهر الخلية شكلاً من التنظيم لا يدركه مفهوم المعلومات لدينا، وهو المفهوم الذي يُغفل تماما بناء القيود على الحدوث الفعلي لأي شيء في العالم الطبيعي الحقيقي. الحقيقة أن النشوء المشترك التكاثري (proliferating coevolution) للغلاف الحيوي هو قصة ظهور دائم لطرق أكثر دقة وبراعة

لاحتجاز الطاقة الحرة وإطلاقها بطرق مقيدة، يتم من خلالها تكوين قيود وبِنًى جديدة، ويتكاثر هذا الشغل للحصول على مزيد من الشغل، وإقامة بِنًى أكثر دقة أيضاً. تأملوا فحسب غابة مطيرة. نشأت هذه الغابة دون سلطة مركزية مسؤولة عنها، وأسفرت عن تنوع مزدهر ومتشابك من العمليات المتصلة. نعم، الغلاف الحيوي يخلق أنماطاً تكاثرية متصلة من الشغل المنظم، ولكنى لم أبدأ بعد بمعرفة كيفية ترييض (mathematize) هذا المفهوم.

سبب عدم معرفتي كيفية ترييض هذا المفهوم ربما يشير إلى أكثر وجوه الاستقصاء غرابة وإحباطاً وربما صعوبة. فالغلاف الحيوي ربما في الحقيقة يفعل شيئا لا يمكن تحديده مسبقا أبداً. ولو كان الحال كذلك، فإن طريقة ممارسة العلم التي علمنا إياها نيوتن (Newton) وأينشتاين (Einstein) وبور (Bohr) وبولتسمان (Boltzmann) محدودة. ربما يقوم الغلاف الحيوي بتغيير فضاء الطور (phase space) باستمرار، ولا أعرف إطاراً رياضياً يمكنه وصف هذه العملية. أود ـ أيضاً ـ توضيح أن دعواي - لو كانت صحيحة - ستقوض دعائم تفسير الاحتمال تكراريا، إذ يمكن للمرء في الحقيقة عرض جميع الاحتمالات مسبقاً.

تكمّل هذه المسألة ما أسماه داروين "التكيّف المسبّق" (preadaptation)، ولكننا سنتناول في البداية التكيّف المحض. ما وظيفة قلبك؟ حسناً، وظيفته ضخ الدم. ولكنه يصدر أيضاً أصواتا، وهي ليست وظيفته. إذن فوظيفة قلبك فرع من تأثيراته السببية (causal consequence). كان داروين ليقول إن التأثير السببي لقلبك الذي انتُخب لأجله هو ضخ الدم لا إصدار أصوات قلبية. إذن فالجانب البسيط من هذا القول هو ضرورة معرفة الكائن الحي بكامله في بيئته بكاملها حتى تعرف وظيفة (أ) و(ب) أعلاه أو أي جزء من الكائن الحي. يتسم الوكلاء المستقلون بشمولية (holism) راسخة فيما يتعلق بهذه التأثيرات.

والآن نتناول التكيّف المسبّق. كانت فكرة داروين أن جزءاً من الكائن الحي قد تكون له تأثيرات سببية ليست لها أهمية انتخابية في البيئة الطبيعية، ولكن قد تثبت فائدتها في بيئة شاذة وبالتالي يتم انتخابها. لاحظوا أن هذه هي الكيفيّة التي تظهر بها للوجود جميع عمليات التكيّف الرئيسة — تقريبا — وجميع عمليات التكيّف الثانوية أو معظمها. هكذا ظهرت للوجود القدرة على الطيران والبصر والسمع والرئتان والفكّان، وكل شيء.

هاهي أحجيتي. هل تظنون أن بمقدوركم وضع قائمة مسبقة بجميع التكيّفات المسبقة الداروينية القابلة - مثلاً — لكافة صور الحياة الحالية؟ بطريقة أكثر منهجية، هل يمكنكم أن تذكروا مسبقاً وبشكل محدد جميع التكيفات المسبقة الممكنة؟ لم أقابل شخصاً يظن أن الجواب

نعم. وليس واضحا حتى كيف نبدأ في وضع قائمة تضم مثل هذه التكيفات المسبقة. والآن أنا أعتقد بشدة أن هذه المقولة صحيحة، ولكنى لا أعرف أهي دعوى تجريبية أم دعوى رياضية، كما لا أعرف في الوقت الحالي كيف أثبتها.

إليكم قصة السنجابة "جيرترود" التي عاشت قبل 23.25 مليون سنة وتعرضت لطفرة سائدة (dominant mutation) مندلية، تركتها بثنيتين جلديتين، تمتد كل منهما من المعصم إلى الكاحل. في حينها كان ينظر إلى جيرترود على أنها من البشاعة بحيث لم يكن أحد من عشيرتها يحادثها أو يؤاكلها أو يلاعبها. وذات يوم كانت جيرترود راقدة على غصن إحدى أشجار المغنولية (magnolia) عندما وقع عليها بصر البومة "بيرثا" الواقفة على غصن شجرة صنوبر قريبة فقالت في نفسها: الغداء! انقضت بيرثا عليها باسطة مخالبها، فذعرت جيرترود، وقفزت عن الشجرة ناشرةً ذراعيها، وصاحت "جاااااااااه!". طارت جيرترود! مبتعدة عن بيرثا المذهولة. هكذا أصبحت جيرترود بطلة بين عشيرتها، وتزوجت بعد ذلك بشهر من سنجاب وسيم في احتفال مدني. حسناً، باعتبار أن تلك الطفرة كانت سائدة، سرعان ما صار هناك كثير من السناجب الوليدة ذات الثنيتين الجلديتين. هذا يا عزيزي القارئ سبب وجود سناجب تطير نوعاً ما.

والآن، أكان بمقدورك أن تقول مسبقا إن الثنيتين ستعملان عمل الجناحين؟ ربما! أكان بمقدورك أن تقول إن طفرة جزيئية غامضة في بكتريا معينة ربما تسمح للبكتريا باكتشاف تيار كالسيوم آتٍ من واحد من الهدابيات (ciliate) فتتخذ إجراء للتملّص؟ بشكلٍ عام، أظن أننا فحسب لا نحصل على المفاهيم مسبقا لنحدد جميع التكيفات المسبقة الداروينية الممكنة، كما لا نستطيع أن نحدد ماهية جميع البيئات المحتملة حينذاك.

لاحظوا الآن أن عدم إمكانية التنبؤ هذه لا تبطّئ سرعة النشوء لحظة واحدة، فالتكيفات المسبقة الداروينية تحصل في كل حين. إذن يبدو أن الغلاف الحيوي يفعل شيئاً لا يمكننا وصفه مسبقا، ليس بسبب اللاتحديد الكمي أو السلوك الديناميكي الشواشي (chaotic)، بل لأننا لا نتوصل إلى المفاهيم مسبقاً.

وهذا بدوره يعنى أنه لا يمكننا أن نحدد سلفاً مدى الإمكانيات ذات الصلة الخاصة بالغلاف الحيوي (أيّ فضاء الطور). إذن فهذا الغلاف الحيوي مُبدع على نحو لا يمكننا تحديده مسبقاً، لذا فهو يُمثل تناقضاً واضحاً مع ما علّمَنا نيوتن بذكاء كيف نفعله، إذ يمكن للمرء في الفيزياء عموماً أن يحدد مسبقاً مجموعة الإمكانيات الكاملة (بمعنى فضاء الطور)، ثم يرجع إلى القوانين والظروف الأولية والحدية، ويحسب المسار التقدمي للجزيء في فضاء طوره.

أظن أننا لا نستطيع أن نحدد سلفاً فضاء الطور (فضاء الإمكانيات) في الغلاف الحيوي. ولو كنتَ عالم فيزياء فربما تقول: "حسناً، إذا كنت تنظر إلى النظام بصورة تقليدية، فهناك دوماً فضاء الطور التقليدي ذو البعد (n) لكل مواضع الجزيئات وسرعات الجزيئات في النظام المنعزل نوعا ما". قد يكون هذا صحيحاً، ولكن عندئذ أنتم لا تعرفون بعد كيف تعزلون المتغيرات الجماعية ذات الصلة (جناحا جيرترود) بوصفها المتغيرات التي ستؤثر على تطور الغلاف الحيوي. وهكذا يبدو أننا نواجه معلومات لم ندرك محدوديتها من قبل. فالغلاف الحيوي المتطور يفعل شيئاً لا يمكن التنبؤ به، وليست لدينا الطبقات البيولوجية. وأظن أن الشيء ذاته ينطبق على النشوء التكنولوجي، إذ لم يتنبأ أحد بالإنترنت قبل قرن من الزمان.

ما يثير الاهتمام أن عدم تمكننا من التحديد المسبق للاحتمالات التكنولوجية – إذا صحّ ذلك – ينزع جوهر النظرية المعاصرة في الاقتصاد، وهي "التوازن العام التنافسي" (competitive general equilibrium) الذي يبدأ بافتراض أن المرء بإمكانه أن يحدد مسبقا جميع السلع والخدمات الممكنة، ثم يثبت أن الأسواق تُصفَّى، أي أن جميع السلع تُباع للمشترين بالسعر المتعاقد عليه. ولكننا لا نستطيع تحديد جميع السلع والخدمات الممكنة مسبقا، وعليه فإن النظرية السائدة خاطئة من البداية. وفي ظل التركيز على تصفية السوق، نجد النظرية السائدة تتجاهل حقيقة مهيمنة بشأن الاقتصاد العالمي. لقد انفجر تنوع السلع والخدمات كانفجار تنوع الأنواع، فلماذا؟

قوانين الفيزياء الأساسية قابلة للانعكاس زمنيا (time-reversible). لقد جعلونا نعتقد أن الوقت يحين نتيجة لعدم قابلية القانون الثاني للديناميكا الحرارية للانعكاس، وأنا لا أخالف ذلك، ولكنى أتعجب من سهم الزمان الموجود ضمنا في التمييز بين الماضي والمستقبل في الغلاف الحيوي بسبب التكيفات الداروينية المسبقة. ولا يبدو أن مردّ ذلك إلى القانون الثاني، بل إلى التنوع والانتخاب الدارويني.

هناك نقطة أخيرة. الكون غير متكرر (nonrepeating) تماما، أو غير إيرجوديكي (nonergodic). تأملوا عدد البروتينات التي طولها 200 حمض أميني. بما أن هناك 20 حمضا أمينيا، فإن عدد البروتينات التي طولها 200 حمض أميني هو 20 مرفوعة إلى قوة الـ200 أو 10 مرفوعة إلى قوة الـ260 تقريباً. يبلغ الآن عدد الجزيئات في الكون المعروف حوالي 8010. اسألوا أنفسكم ما إذا كانت جميع البروتينات المحتملة يمكن أن تكون تشكّلت منذ الانفجار الكبير قبل حوالي 13 مليار سنة. يستغرق التفاعل الكيميائي السريع فيمتوثانية واحدة (10–15 ثانية). إذن

يبلغ عدد اصطدامات الجزيئات المثْنوية (pairwise) على مقياس الفيمتوثانية منذ الانفجار الكبير 8010 × 8010 × 3310، وهو ما يساوي 10 مرفوعة إلى القوة الـ193، وهو رقم كبير، وإن كان صغيرا مقارنةً بعدد سلاسل البروتينات بطول 200 حمض أميني الذي يعادل26010. وعليه فإذا لم يكن الكون فَعل شيئاً غير تصنيع البروتينات، فإنه يكون استغرق 6710 مرات مكررة من حياته لصنع جميع البروتينات الممكنة التي طولها 200. وبالتالي فإن الكون – بمجرد أن يرتفع عن مستوى الأنوية الذرية إلى مستوى تعقد الجزيئات العضوية (ناهيك عن الكائنات الحية أو النظُم القانونية أو الشاحنات الشيفروليه) – يكون غير متكرر تماما، مما يعنى أن السنجابة جيرترود عندما طارت لأول مرة، غيّرت التطور الفيزيائي والجزيئي للكون، وكذلك الحال مع كثير من أفعال الوكلاء المستقلين أو معظمها. إننا نسير على مسار فريد، ولنا تأثيرات فيزيائية حقيقية. ألا تظنون ذلك؟ لقد تسابقنا مع السوفييت إلى القمر، وتركنا فوقه كتلة ما، فغيرنا بذلك الديناميكا المدارية للمجموعة الشمسية.

لقد قطعنا مسافة طويلة منذ انطلقنا، متسائلين ما نوع النظام الذي يمكنه أن يشتغل بنفسه. رغم عدم يقيني من عثوري على تعريف وافٍ للحياة، أميل إلى الظن أننى ربما يكون لديّ تعريف. أضف إلى ذلك يقيني أن الخمسين سنة المقبلة ستشهد بناء هذه الأنظمة تجريبياً. فمع النشوء المشترك لهذه الأنظمة، سننظر إليها في ذهول دون أن نستطيع القول مسبقاً ماذا سيحدث. وكما قال «الشواشي» إيان مالكوم (Ian Malcolm) في فيلم جوراسيك بارك: "الحياة تجد طريقة". لم يُضف قائلا: إننا عموما لا نملك دليلاً مسبقاً على ما سيئول إليه الأمر. فالحياة بطبيعتها مفتوحة، وسيتطلب فهمها رفع الفيزياء والكيمياء إلى مستويات جديدة يكون فيها المستقبل مفتوحاً، وغير قابل للتنبؤ به في صورة أطوار محددة سلفاً.

ستيوارت كاوفمان (Stuart Kauffman): أستاذ الكيمياء الحيوية الفخري في جامعة بنسلفانيا، واختصاصي في علم الأحياء النظري يدْرس أصل الحياة وأصول التنظيم الجزيئي، وزميل مؤسسة ماك آرثر، وأستاذ زائر بمعهد سانتا في (Santa Fe). طوّر قبل خمس وعشرين سنة نماذج كاوفمان، وهي عبارة عن شبكات عشوائية تبدي نوعاً من التنظيم الذاتي أسماها "نظام مجاني" (Order for free).

الدكتور كاوفمان شريك مؤسس وكبير العلماء في شركة بيوس جروب (Bios Group) العاملة في مجال تطبيق علم التعقيد على مشكلات إدارة الأعمال. ألّف "أصول النظام" (Origins of Order) و"استقصاءات" (Investigations)، وشارك جورج جونسون (George Johnson) في تأليف "معرفة الكون: البحث عن قوانين التنظيم الذاتي" (At Home in the Universe: The Search for the Laws of Self-Organization).

الفصل الثاني

المستقبل
عملياً

ريتشارد داوكينز
ابن قانون مور

يتسلى أصحاب الإنجازات العظيمة الذين بلغوا ذروة المجد أحيانا بتجاوز الحدود. كان بيتر ميداوَر (Peter Medawar) يعرف ما يفعله عندما كتب في مراجعته لكتاب "اللولب المزدوج" (The Double Helix): "ببساطة الأمر لا يستحق الجدل مع أي شخص تمنعه بلادة فكره من إدراك أن هذه المجموعة من الاكتشافات - يقصد علم الوراثة الجزيئي (molecular genetics) - أعظم إنجاز علمي في القرن العشرين". كان بوسع ميداور، مثله في ذلك مثل مؤلف الكتاب الذي راجعه، أن يبرر غطرسته الشديدة، ولكنك لست مضطراً لأن تكون بليد الفكر لتخالفه الرأي. ماذا عن مجموعة الاكتشافات الأنجلو أمريكية السابقة التي تُعرف باسم التركيب الحديث الدارويني الجديد (Neo-Darwinian Modern Synthesis)؟ استطاع علماء الفيزياء تفسير النسبية أو ميكانيكا الكم، واستطاع علماء الكونيات تفسير القول بالكون المتسع (expanding universe). إن وصف أي شيء بـ"الأعظم" مسألة غير محسومة في نهاية المطاف، ولكن لا شك أن ثورة الوراثة الجزيئية كانت واحدة من أعظم إنجازات العلم في القرن العشرين .. من أعظم إنجازات الجنس البشري على الإطلاق. فإلى أين سنأخذه أو إلى أين سيأخذنا في الخمسين سنة المقبلة؟ سيحكم التاريخ، بحلول منتصف القرن، ما إذا كان ميداور أقرب إلى الحقيقة مما سمح به معاصروه (أو حتى سمح به هو نفسه).

لو طُلب مني تلخيص علم الوراثة الجزيئي في كلمة، فسأختار كلمة "رقميّ". كان علم الوراثة المندلي بكل تأكيد علما رقميا من حيث دقته في التصنيف المستقل للجينات من خلال سلاسل النسب. ولكن الجزء الداخلي من الجينات غير معروف، وعلى الرغم من ذلك كان من الممكن أن تكون هذه الجينات مواد ذات خصائص وقُوى وصِفات متغيرة باستمرار ومتداخلة

بصورة معقدة تماما. وعلم وراثة واطسون (Watson) وكريك (Crick) رقميّ في جوانبه كافةً، رقميّ حتى النخاع، بل هو اللولب المزدوج نفسه. يمكن قياس حجم الجينوم (genome) بالجيجا-قاعدة (gigabase) بنفس دقة قياسنا القرص الصلب (hard drive) بالجيجا بايت. والواقع أن الاثنتين يمكن تحويل إحداهما إلى الأخرى بالضرب الثابت. إن علم الوراثة اليوم تكنولوجيا معلومات صرفة. وهذا هو بالضبط السبب في إمكانية نسخ جين مضاد للتجمد من سمكة قطبية ولصقه في ثمرة طماطم.

شهدت الثورة التي فجرها واطسون وكريك نموا أُسّيّاً كما ينبغي لأي ثورة جيدة خلال نصف القرن الذي أعقب ظهور مؤلَّفهما المشترك الشهير. أعتقد أنني أعني ذلك تماما، وسوف أدعم ذلك قياسا على ثورة أكثر شهرة، وإن كانت هذه المرة جاءتنا من تكنولوجيا المعلومات كما نفهمها بشكل تقليدي. ينص قانون مور (Moore>s Law) على أن قوة الكمبيوتر تتضاعف كل ثمانية عشر شهرا. وهو قانون تجريبي دون دليل نظري متفق عليه، رغم أن ناثان ميهرفولد (Nathan Myhrvold) يقدم لنا ما يصلح كدليل ذاتي المرجعية بذكاء. ينص "قانون ناثان" على أن برامج الكمبيوتر تنمو بمعدل أسرع من قانون مور، ولهذا لدينا قانون مور. ومهما يكن السبب أو مجموعة الأسباب، فقد صدق قانون مور لحوالي خمسين سنة. ويتوقع كثير من المحللين أن يبقى لفترة مماثلة وتصير له تأثيرات كبيرة على شئون البشر، وإن كان هذا لا يعنيني في هذا المقال.

بدلاً من ذلك، هل هناك شيء يناظر قانون مور بالنسبة لتكنولوجيا معلومات الدي إن أيه (DNA)؟ بالطبع سيكون أفضل معيار هو المعيار الاقتصادي؛ فالمال مؤشر مركَّب جيد لساعات العمل وتكاليف المعدات. ومع مرور العقود، ما العدد المعياري من كيلو-قواعد الدي إن أيه الذي يمكن سلسلته (sequencing) نظير مبلغ مالي معياري؟ هل يزيد هذا العدد أُسّيا، وإذا كان كذلك، ما عدد مرات التضاعف؟ لاحظوا - بالمناسبة — أن مصدر الدي إن أيه وما إذا كان حيوانياً أم نباتياً لا يشكل أي فارق (وهذه سمة أخرى من سمات كوْن الدي إن أيه فرعا من تكنولوجيا المعلومات). إن طرق السَّلْسلة وتكاليفها في أي عقد من الزمان متماثلة إلى حد كبير. والواقع أنه سيتعذر عليك معرفة مصدر الدي إن أيه، سواء أكان إنسانا أم فطرا أم ميكروبا، إلا إذا قرأت الرسالة النصية ذاتها.

بعد أن اخترت المعيار الاقتصادي، لم أكن أعرف كيف أقيس التكاليف عمليا. لحسن الحظ أنني أحسنت بسؤالي زميلي جوناثان هودجكين (Jonathan Hodgkin)، أستاذ علم الوراثة بجامعة أكسفورد، وسرّني أن اكتشفت أنه فعل الشيء ذاته مؤخرا أثناء تحضيره محاضرة كان

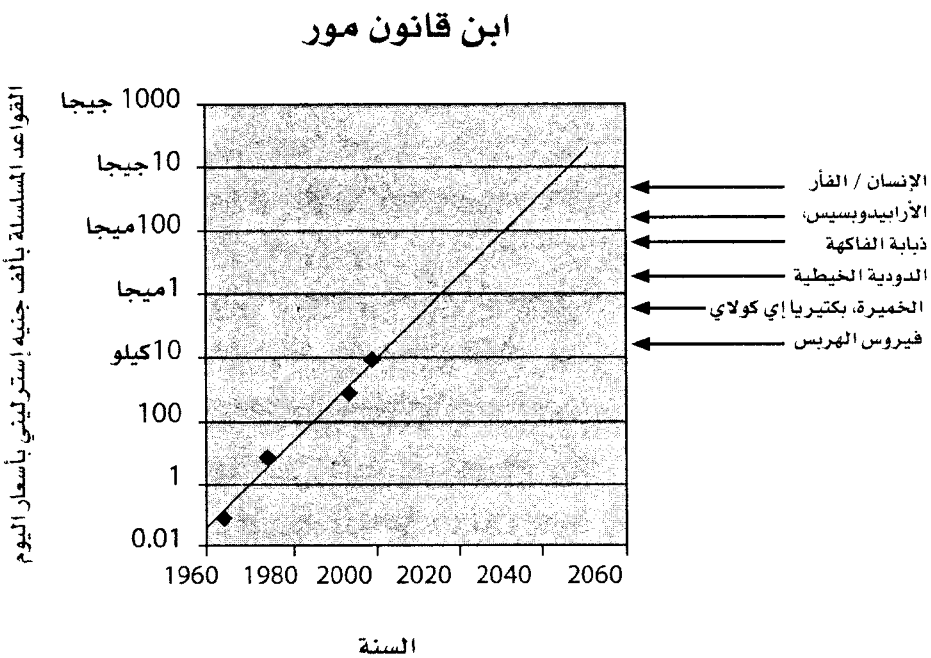
سيلقيها في مدرسته القديمة، وقد تكرم وأرسل إليّ التقديرات التالية للتكلفة بالجنيه الإسترليني لسَلْسلة كل زوجين من القواعد (بمعنى لكل "حرف" من شفرة الدي إن أيه). سنة 1965 بلغت التكلفة حوالي 1000 جنيه استرليني لكل حرف لسَلْسلة الآر إني أيه الريبوسومي (5S ribosomal RNA) من البكتيريا (الآر إني أيه وليس الدي إن أيه، علما بأن التكاليف سواء). سنة 1975 بلغت تكلفة سَلْسلة دي إن أيه الفيروس (X174.) حوالي 10 جنيه استرليني لكل حرف. لم يستطع هودجكين العثور على مثال جيد لسنة 1985، ولكن سنة 1995، بلغت تكلفة سَلْسلة دي إن أيه الدودة الخيطية (Caenorhabditis elegans) وهي دودة دقيقة افتتن بها اختصاصيو علم الأحياء الجزيئي لدرجة أن جعلوها عَلَما على الديدان الخيطية - جنيه استرليني واحد لكل حرف. عندما بلغ مشروع الجينوم البشري ذروته سنة 2000، بلغت تكلفة السَّلسلة قرابة 0.1 جنيه إسترليني للحرف. ولبيان الاتجاه الإيجابي للتقدم، قمت بتحويل هذه الأرقام إلى "نقاط لكل دولار" – بمعنى أدق، كمية الدي إن أيه التي سلسلتها مقابل مبلغ ثابت من المال واخترت مبلغ 1000 جنيه استرليني مع تعديلها لاحتساب التضخم، ثم رسمت منحنى يبين الكيلو-قواعد الناتجة لكل 1000 جنيه إسترليني على مقياس لوغاريتمي أراه مناسبا لأن النمو الأسّي يظهر لنا كخط مستقيم (انظر الرسم البياني في الصفحة التالية).

يجب أن أؤكد - كما أكد لي الأستاذ هودجكين - أن نقاط البيانات الأربعة عبارة عن حسابات تقريبية. وعلى الرغم من ذلك، فإنها واقعة - بصورة مقنعة - قريبا جداً من خط مستقيم، مما يرجّح أن الزيادة في قوة سلسلة الدي إن أيه زيادة أسّية. وبلغ زمن المضاعفة (أو زمن خفض الكلفة إلى النصف) 27 شهرا، وهو ما يمكن مضاهاته بشهور قانون مور الثمانية عشر. بقدر اعتماد سَلسلة الدي إن أيه على قوة الكمبيوتر وهو قدر كبير لعلّ القانون الجديد الذي اكتشفناه يدين بالكثير لقانون مور ذاته، وهو ما يبرر الاسم الطريف الذي اخترته له وهو "ابن قانون مور".

ليس من المتوقع على أي حال أن يرتقي التقدم التكنولوجي بهذه الطريقة الأسّيّة. وأنا لم أوقّع هذه الأرقام على رسم بياني بعد، ولكن سأفاجأ لو تبين - على سبيل المثال - أن سرعة الطائرات، أو التوفير في وقود السيارات، أو ارتفاع ناطحات السحاب يزيد بالطريقة الأسّية نفسها. وبدلا من التضاعف مرات ومرات في مدة زمنية ثابتة، أظن أنها تتطور على نحو أقرب إلى عملية الجمع الحسابية. في الواقع، كتب الراحل كريستوفر إيفانز (Christopher Evans) ما يلي سنة 1979 عندما لم يكن قانون مور قد بدأ بعد:

تختلف سيارات اليوم عن سيارات السنوات التي أعقبت الحرب مباشرةً لعدة أسباب ...

ولكن لنفترض للحظة أن صناعة السيارات تطورت بنفس معدل تطور الكمبيوتر وخلال الفترة ذاتها: فكيف سيصير الحال الذي عليه الموديلات الحالية من حيث انخفاض التكلفة وازدياد الكفاءة؟ ... كنت ستتمكن ساعتها من شراء رولز رويس بمبلغ 1.35 جنيه إسترليني، وكانت ستقطع ثلاثة ملايين ميل بجالون واحد؛ وكانت ستولد قدرة كافية لتسيير السفينة "كوين إليزابيث 2". كما يمكنك - إذا كنت ممن يهتمون بالمنمنمات - وضع نصف دستة منها على رأس دبوس.



انحدار خطي تمت مواءمته لأربع نقاط بيانية ثم تعميمه على سنة 2050

بدا لي أن استكشاف الفضاء - أيضاً - مرشح محتمل لتحقيق زيادة جمعية (additive) معتدلة مثل السيارات. ثم تذكرت تنبؤا مدهشا لأرثر سي. كلارك (Arthur C. Clarke) الذي لا يمكن تجاهل مؤهلاته كمتنبئ. تخيل سفينة فضائية مستقبلية تتقدم نحو نجم بعيد، حيث ستستغرق الرحلة منها قروناً عديدةً كي تصل إلى وجهتها البعيدة حتى لو كانت تنطلق بأقصى سرعة تسمح بها التكنولوجيات الحديثة الحالية. وقبل أن تكمل السفينة نصف رحلتها، تتجاوزها سفينة أسرع هي نتاج تكنولوجيا قرن لاحق. لذا، ربما يُقال إنه ما كان ينبغي للسفينة الأصلية أن تتكبد عناء بدء الرحلة. وبالمنطق ذاته، فإنه حتى سفينة الفضاء الثانية لا ينبغي لها أن تتكبد عناء بدء الرحلة؛ لأنه مقدّر لأفراد طاقمها أن يلوحوا لأبناء أحفادهم وهم يتجاوزونهم منطلقين

بالسرعة الثالثة، وهلم جرا. ثمة طريقة لحل هذه المتناقضة، وهي قولنا إن تكنولوجيا تطوير السفن الفضائية الأحدث ما كانت لتتوافر دون البحث والتطوير الذي تمخض عن الجيل السابق الأبطأ سرعة من السفن الفضائية. وسوف أقدم الإجابة ذاتها لأي شخص يقترح أنه مادام يمكننا البدء الآن في مشروع الجينوم البشري من الصفر والانتهاء منه في كسر من السنوات التي استغرقها المشروع الفعلي، فكان ينبغي تأجيل المشروع الأصلي حتى الوقت الملائم.

إذا كنا نعترف بأن نقاط البيانات الأربع المذكورة عبارة عن تقديرات تقريبية، فإن تعميم الخط المستقيم على سنة 2050 مجرد نتيجة مبدئية. ولكن قياسا على قانون مور، وبخاصة إذا كان ابن قانون مور يدين لأبيه بشيء ما، فمن المحتمل أن يمثل هذا الخط المستقيم تنبؤا يمكن الدفاع عنه. دعونا نتابع على الأقل لنرى إلى أين سيأخذنا هذا القانون الذي يقترح أننا سنتمكن في 2050 من سَلسلة جينوم بشري كامل بتكلفة قدرها 100 جنيه إسترليني حسب قيمة اليوم (حوالي 160 دولارا). وبدلا من مشروع الجينوم البشري، سيتمكن كل فرد من تحمّل نفقة مشروع جينوم شخصي خاص به، وسيمتلك علماء الوراثة السكانية (population geneticists) البيانات النهائية حول التنوع البشري، ويتمكنون من إنشاء أشجار نسب تربط أي شخص في العالم بأي شخص آخر، وهو منتهى أحلام المؤرخين. سوف يستخدمون التوزيع الجغرافي للجينات في إعادة تمثيل الهجرات والغزوات الكبرى عبر القرون، وتعقّب رحلات سفن الفايكنج (Viking) الطويلة، وتتبع القبائل الأمريكية عن طريق جيناتها بدءا من ألاسكا إلى تييرا ديل فويجو والساكسونيين عبر بريطانيا، وتوثيق شتات اليهود، وتحديد الأحفاد الحاليين للغزاة أمثال جنكيز خان.

من الممكن أن تخبرك أشعة على الصِدر اليوم بما إذا كنت مصابا بسرطان الرئة أو الدرن. أما سنة 2050، فبثمن أشعة الصدر ستتمكن من معرفة النص الكامل لكل جين من جيناتك. ولن يناولك الطبيب الوصفة العلاجية المناسبة لشخص بمثل حالتك، بل الوصفة التي تتناسب مع جينومك بكل دقة. وهذا شيء طيب بلا ريب، ولكن بيانات جينومك الشخصي ستتنبأ - أيضاً - بنهايتك الطبيعية بدقة مخيفة. فهل نريد مثل هذه المعرفة؟ حتى لو كنا نريدها نحن أنفسنا، فهل نريد أن يطّلع خبراء التأمين، ومحامو إثبات النسب، والحكومات على بيانات الدي إن أيه الخاصة بنا؟ حتى في الدول الديمقراطية، لن يَسعد الجميع بهذا الاحتمال. ومن الضروري أن نتفكر كيف يمكن لـ"هتلر" مستقبلي أن يسيء استخدام مثل هذه المعلومات.

رغم أن هذه المخاوف قد تكون خطيرة، فإنها مرة أخرى لا تعنيني في هذا المقال. أنسحب إلى برجي العاجي واهتماماتي الأكاديمية. لو أصبح ثمن سَلسَلة جينوم بشري 100 جنيه إسترليني،

فإن المبلغ ذاته سيكفي لشراء جينوم أي ثديي آخر، والجميع من نفس الحجم تقريبا وهو القيمة الأسّية جيجاقاعدة، والشيء ذاته ينطبق على كل الفقاريات. وحتى لو افترضنا أن ابن قانون مور سيُقضى عليه قبل 2050 – على نحو ما تنبأ كثيرون - يمكننا رغم ذلك أن نتنبأ مطمئنين أنه سيكون من المجدي اقتصاديا قيامنا بسلسلة جينومات مئات الأنواع الفقارية النمطية كل سنة، وآلاف من أنواع الحشرات أو اللافقاريات الأخرى، ومئات الآلاف من البكتيريا، وملايين الفيروسات، وعدد متغير بشكل مقلق من البرمائيات والنباتات المزهرة. إن امتلاك هذا الخليط من المعلومات مجرد شيء. فما الذي يمكننا عمله بها؟ وكيف سنستوعبها ونمحصها ونقارنها ونستخدمها؟

سيتمثل أحد الأهداف المتواضعة نسبيا في المعرفة الكاملة والنهائية لشجرة تطور السلالات (phylogenetic tree). لأن هناك في النهاية شجرة حياة حقيقة واحدة، وهي النمط الفريد للتشعب النشوئي الذي حدث بالفعل. وهي موجودة، ويمكن معرفتها من حيث المبدأ. نحن لا نعرفها بالكامل بعد، وينبغي أن نكون قد عرفناها بحلول سنة 2050، وإلا فإننا لو لم نعرفها فسنكون قد هزمنا على مستوى الغصينات الطرفية (terminal twig) بسبب عدد الأنواع، وهو عدد - بحسب زميلي روبرت ماي (Robert May) - غير معروف لأقرب قيمة أو قيمتين أسّيّتين.

يقترح مساعدي البحثي الخاص يان وونج (Yan Wong) أن علماء التاريخ الطبيعي وعلماء الإيكولوجيا سنة 2050 سيحملون طقم تصنيف ميداني صغير، يعفيهم من الحاجة إلى إرسال العينات إلى خبراء المتاحف للتعرف عليها، إذ سيتم إدخال مجس دقيق متصل بكمبيوتر محمول في شجرة أو فأر حقل أو جُنْدُب اصطيد حديثا، وخلال دقائق، يستعرض الكمبيوتر بضعة أجزاء رئيسة من الدي إن أيه، ثم يُخرج للعالِم اسم النوع وأي تفاصيل أخرى قد تكون موجودة في قاعدة بياناته المخزنة.

لقد أسفر بالفعل تصنيف الدي إن أيه عن بعض المفاجآت المذهلة. إن عقلية عالم الحيوان التقليدية بداخلي تحتج بشكل لا يُحتمل عندما يطلب مني أن أصدّق أن أفراس النهر أقَرب جينيا إلى الحيتان منها إلى الخنازير، وهي نقطة مازالت مثار جدل. سيتم حسم هذا الجدل، بطريقة أو بأخرى، فضلا عن الكثير من المسائل الجدلية التي لا تُحصى، بحلول سنة 2050. سيتم حسم ذلك لأن مشروع جينوم أفراس النهر، ومشروع جينوم الخنازير، ومشروع جينوم الحيتان (إن لم يكن أصدقاؤنا اليابانيون قد أكلوها كلها بعد)، سيكون جميعها قد اكتمل. والواقع أنه لن يكون ضروريا سَلسلة جينومات بأكملها لإنهاء حالة عدم اليقين المرتبطة بتصنيف السلالات مرة واحدة وإلى الأبد.

هناك فائدة جانبية قد يكون لها أثر كبير على الولايات المتحدة، وهي أن المعرفة الكاملة بشجرة الحياة سيزيد الشك في حقيقة النشوء صعوبة. سوف تصبح الحفريات بالمقارنة غير ذات صلة في هذا الجدال؛ لأنه سيتم اكتشاف أن مئات الجينات المنفصلة، في أي عدد يمكننا سلسلته من الأنواع الباقية، تؤيد بعضها بعضا في وصفها شجرةَ الحياة الحقيقية الوحيدة.

ما سأقوله الآن تكرر كثيرا حتى صار مبتذلا ولكن الأجدر أن أقوله مرة أخرى: معرفة الجينوم الخاص بحيوان ما وفهمنا لذلك الحيوان ليسا سيان. سأحذو حذو سيدني برنِر (Sydney Brenner) الشخص الوحيد الذي سمع أكبر عدد من الناس يتساءلون عن سبب عدم حصوله على جائزة نوبل حتى الآن، وأفكر من منظور ثلاث خطوات متدرجة الصعوبة في "حساب" (compute) حيوان من خلال جينومه. كانت الخطوة الأولى صعبة، ولكنها حُلّت الآن تماماً، وتتمثل في حساب متوالية الحمض الأميني لأحد البروتينات من متوالية النيوكليوتايد لأحد الجينات. الخطوة الثانية هي حساب نمط الطَّيّ ثلاثي الأبعاد لبروتين من متواليته أحادية البُعد للأحماض الأمينية. ويعتقد الفيزيائيون أن هذا يمكن القيام به من حيث المبدأ، ولكنه إجراء صعب، وقد يكون من الأسرع غالبا صنع البروتين ورؤية ما يحدث. الخطوة الثالثة هي حساب الجنين الناشئ من جيناته وتفاعلها مع بيئتها، التي تتكون غالبا من جينات أخرى. وهذه هي أصعب خطوة، ولكن علم الأجنة (وبخاصة طريقة عمل جينات هوكس والجينات المشابهة) يتقدم بمعدل سريع بحيث إنها ستُحل على الأرجح بحلول سنة 2050. بعبارة أخرى، أخمّن أن يقوم أحد علماء الأجنة سنة 2050 بتغذية كمبيوتر بجينوم أحد الحيوانات المجهولة، فيقوم الكمبيوتر بمحاكاة التطور الجنيني على نحو يصل في النهاية إلى تخليق الحيوان البالغ. لن يكون هذا بحد ذاته إنجازا عظيم الفائدة؛ لأن الرحم أو البيضة سيظل دائما كمبيوترا أرخص من الكمبيوتر الإلكتروني. ولكنه سيكون وسيلة تدل على كمال فهمنا. كما سيكون مفيدا إجراء تطبيقات معينة لهذه التكنولوجيا. على سبيل المثال، ربما يستطيع رجال المباحث الذين يعثرون على بقعة دم إصدار صورة حاسوبية لوجه المشتبه به، أو بالأحرى سلسلة من الوجوه من الطفولة حتى الشيخوخة؛ لأن الجينات لا تنضج مع تقدم السن!

كما أعتقد أنه بحلول 2050 سيتحول حلمي بـ"كتاب الموتى الجيني" إلى حقيقة. فالمنطق الداروني يُظهر أن جينات أحد الأنواع يجب أن تؤلّف نوعاً من الوصف لبيئات الأسلاف التي استطاعت هذه الجينات البقاء فيها. إن مجموعة الجينات الخاصة بأحد الأنواع تمثل الصلصال الذي تشكّل عبر الانتخاب الطبيعي. وكما ذكرت في كتابي "تفكيك قوس قزح" (Unweaving the Rainbow):

مثل جروف الرمال التي تُشكّلها رياح الصحراء بأشكال مدهشة، ومثل الصخور التي تُشكلها أمواج المحيط، تَشكّل دي إن أيه الجَمَل من خلال بقائه في الصحاري القديمة، بل وفي البحار الأكثر قدما، ليخرج لنا الجمال الحديثة. يتحدث دي إن أيه الجَمَل – لو استطعنا قراءة لغته فحسب – عن العوالم المتغيرة التي عاش فيها أسلاف الجمال. ولو استطعنا فحسب قراءة اللغة، فسنجد كلمة «بحر» مكتوبةً في دي إن أيه التونة وقنديل البحر، وكلمة «تحت الأرض» في دي إن أيه الخُلْد ودودة الأرض.

أعتقد أننا سنتمكن بحلول سنة 2050 من قراءة هذه اللغة، وسنتمكن من تغذية الكمبيوتر بجينوم حيوان غير معروف، فيعيد إنشاء شكل الحيوان علاوة على العالم التفصيلي الذي عاش فيه أسلافه (الذين انتخبوا طبيعيا لإنتاجه)، بما في ذلك كل مفترِساته أو فرائسه، وطفيلياته أو عوائله، والأماكن التي يتخذها وكرا له، بل وآماله ومخاوفه.

ماذا عن إعادة إنشاء أسلافه مباشرةً، على غرار جوراسيك بارك؟ لسوء الحظ أن الدي إن أيه في الكهرمان لا يُرجّح الاحتفاظ به سليماً، ولا يمكن لأبناء قانون مور أو حتى أحفاده أن يقوموا باستعادته. ولكن ربما هناك وسائل – معظمها نادراً ما يحلم أحد بامتلاكه في وقتنا هذا – يمكن من خلالها استخدام بنوك البيانات الوفيرة للدي إن أيه الحديث التي ستتوفر لنا حتى قبل سنة 2050. ويجري حاليا بالفعل تنفيذ مشروع جينوم الشمبانزي، وينبغي بفضل ابن قانون مور أن يتم الانتهاء منه في كسر من الزمن الذي استغرقه الجينوم البشري.

طرح سيدني برنر (Sydney Brenner) الاقتراح المذهل التالي في ملحوظة عابرة في نهاية مقاله المعنون "علم الأحياء النظري في الألفية الثالثة" (Theoretical Biology in the Third Millennium) المنشور سنة 1999 في المجلة العلمية للجمعية الملكية قسم علم الأحياء (Philosophical Transactions of the Royal Society، B) ويضم تنبؤاته حول الألفية. عندما يُعرف جينوم الشمبانزي تماما، سيصبح ممكنا من خلال عقد مقارنة معقدة وذكية بيولوجياً بينه وبين الجينوم البشري (يختلف الاثنان في حوالي 1 في المئة فقط من أحرف الدي إن أيه) إعادة إنشاء جينوم سلفنا المشترك. عاش هذا الحيوان الذي يُطلق عليه اسم "الحلقة المفقودة" في أفريقيا منذ فترة تتراوح بين 5 و8 مليون سنة. وبمجرد قبول قفزة برنر، نجد أنه من المغري تطبيق المنطق ذاته على كل شيء، ولست ممن يقاوم مثل هذا الإغراء. لقد اكتمل مشروع جينوم الحلقة المفقودة (Missing Link Genome Project) والخطوة التالية يمكن أن تكون صفّ جينوم الحلقة المفقودة والجينوم البشري لعقد مقارنة قاعدة بقاعدة.

إن التوصل إلى جينوم وسط (بنفس الطريقة السابقة القائمة على علم الأجنة) يجب أن يوصلنا إلى صورة تقريبية لأوسترالوبيثيكوس (Australopithecus)، وهو الجنس الذي صارت لوسي (Lucy) ممثّله النمطي. وبمجيء الوقت الذي يتم فيه إنجاز "مشروع جينوم لوسي"، ينبغي أن يكون علم الأجنة قد تقدم إلى النقطة التي يمكن فيها إدخال الجينوم الذي أعيد إنشاؤه في بويضة بشرية وزرعها في جسم امرأة، وتُولَد لوسي جديدة في دنيانا اليوم. ومما لا شك فيه أن هذا الإجراء سيثير مخاوف أخلاقية.

رغم اهتمامي بسعادة كائن أوسترالوبيثيكوس المعاد إنشاؤه (على الأقل هذه مسألة أخلاقية منطقية خلافا للمخاوف السخيفة من "لعب دور الإله")، فإني أرى فوائد أخلاقية إيجابية في هذه التجربة، فضلا عن فوائدها العلمية. في الوقت الحالي، يمكننا مواصلة تعصبنا السافر للنوع البشري نظراً لانقراض جميع الوسطاء النشوئيين بيننا وبين الشمبانزي. في إسهامي في "مشروع القردة العليا" (The Great Ape Project)، الذي أطلقه الفيلسوف الأخلاقي الأسترالي البارز بيتر سنجر (Peter Singer)، أوضحت أن الاحتمال العارض لمثل هذا الانقراض يجب أن يكون كافيا لتقويض إعلائنا المطلق للحياة البشرية فوق كل أنواع الحياة الأخرى. فمصطلح "أنصار الحياة" (pro life)، على سبيل المثال، المستخدم في المناقشات حول الإجهاض أو أبحاث الخلايا الجذعية، يعني دوما أنصار الحياة البشرية، وذلك دون سبب واضح معقول. إن وجود لوسي بيننا ككائن حيّ يتنفس سيغير إلى الأبد نظرتنا اللامبالية، المتمركزة حول الإنسان، إلى الأخلاق والسياسية. هل يجب أن نتعامل مع لوسي كإنسان؟ عبثية هذا السؤال ينبغي أن تكون واضحة، مثلما كان الحال في محاكم جنوب أفريقيا التي كانت تنظر فيما إذا كان يتوجب التعامل مع أفراد بعينهم "باعتبارهم بِيضا". ومن شأن إعادة إنشاء لوسي أن يتم تبريرها أخلاقيا بطرح مثل هذه العبثية على الملأ.

بينما علماء الأخلاق وعلماء اللاهوت (أخشى أن يظل هناك علماء لاهوت سنة 2050) منشغلين بنضالهم ضد مشروع لوسي، يستطيع علماء البيولوجيا في ظل حصانة نسبية أن يبدؤوا بمعالجة شيء أكثر طموحا ألا وهو مشروع الديناصور. ويمكنهم تنفيذ ذلك بواسطة – على سبيل المثال - المساعدة على إنبات أسنان للطيور بعد أن حرمت منها مدة 60 مليون سنة:

لقد انحدرت الطيور الحديثة من الديناصورات (أو على الأقل من أسلاف نطلق عليهم اليوم اسم ديناصورات لأنها انقرضت مثلما انقرضت الديناصورات). إن التوصل إلى تفسير "نشوئي نُمُوّي" ذكي لجينومات الطيور الحديثة وجينومات ما بقي على قيد الحياة من فصيلة

الزواحف المنقرضة (archosaurian reptile) مثل التماسيح ربما تمكننا بحلول 2050 من إعادة إنشاء جينوم الديناصور. ومن المشجع الآن أنه يمكن حث مناقير الفَرّوج تجريبا لتنبت براعم أسنان، وكذلك حث الثعابين على إنبات أرجل، مما يدل على بقاء المهارات الجينية القديمة. إذا نجح مشروع جينوم الديناصور، فمن المحتمل أن نتمكن من زراعة الجينوم في بيضة نعامة لتفقس لنا سحلية رهيبة حية تتنفس. وبالرغم من جوراسيك بارك، فإن قلقي الوحيد هو احتمال ألا أعيش طويلا لأراها، أو لأمدّ ذراعي القصيرة إلى ذراع "لوسي جديدة" طويلة، وأصافحها وعيناي تفيضان بالدمع.

ريتشارد داوكينز (Richard Dawkins): اختصاصي علم الأحياء النشوئي، وأستاذ كرسي تشارلز سيموني لتبسيط العلوم للجمهور بجامعة أكسفورد. ألّف "الجين الأناني" (The Selfish Gene)، و"النمط الظاهري الموسع" (The Extended Phenotype)، و"الساعاتي الأعمى" (The Blind Watchmaker)، و"النهر التّابع من عدن" (River out of Eden)، و"تسلق جبل اللااحتمال" (Climbing Mount Improbable)، و"تفكيك قوس قزح" (Unweaving the Rainbow). زميل الجمعيتين المَلَكيّة والمَلَكيّة للأدب، ويحمل درجات دكتوراه فخرية في الأدب والعلوم، وواحد من علماء أحياء قليلين دخلوا "معجم أكسفورد للاستشهادات" Oxford Dictionary of Quotations. فاز سنة 1997 بجائزة كوزموس الدولية (International Cosmos Prize) وسنة 2001 بجائزة كيستلر (Kistler Prize).

بول ديفيز

هل كانت هناك نشأة أخرى؟

«حقيقةٌ أن كوكب المريخ مأهول بكائنات من نوع أو آخر يقينيةٌ تماما مثلما أن ماهية هذه الكائنات غير يقينية». بهذه الكلمات الدرامية أعلن الفلكي الأمريكي بِرسيفال لويل (Percival Lowell) للعالم عن شبكة من القنوات كان يعتقد بوجودها على الكوكب الأحمر. خمّن لويل أن المريخ كوكب يُحتضر وفي سبيله إلى الجفاف شق سكانه قنواتٍ لجلب المياه الذائبة من القمم الجليدية القطبية إلى المناطق الاستوائية القاحلة، ووضع خرائط مفصلة لدعم نظريته.

كان هذا سنة 1906 عندما بدت فكرة وجود حياة على المريخ معقولة تماما. وقد أحسن إتش. جي. ويلز (H. G. Wells) استغلال هذه الفكرة في كتابه "حرب العوالم" (The War of the Worlds)، الذي كتبه سنة 1898. كما أن معظم الفلكيين أيدوا – كلاميا على الأقل – إمكانية وجود صورة ما من صور الحياة على المريخ. وبعد ذلك، في ستينيات القرن العشرين، أخفقت مجسات الفضاء "مارينر" (Mariner) التي أرسلت إلى المريخ في اكتشاف أي علامة تدل على وجود القنوات التي كثُر الحديث عنها. وفي 1976، هبطت سفينتا فضاء تابعتان لوكالة الفضاء الأمريكية "ناسا" على سطح المريخ، ووجدتا أرضاً مقفرة خالية من الحياة، فأخذتا عينة من التراب وحللتاها للكشف عن أي ميكروبات وآثار مركبات عضوية، فلم يُعثَر على شيء. وبدا الكوكب الأحمر عبارة عن صحراء مقفرة متجمدة تسبح في أشعة فوق بنفسجية قاتلة. باختصار، بدا كوكب المريخ ميتاً ... ميتاً تماماً.

ولكن هذا الرأي بدأ يتغير مؤخراً. ولعلنا تسرعنا في استبعاد كوكب المريخ كموطن للحياة. فالصور الفوتوغرافية المبكرة التي التقطتها لسطح المريخ سلسلة مجسات الفضاء "مارينر" أظهرت مجارٍ نهرية جافة، بينما الصور الأكثر تفصيلا بكثير التي التقطتها المركبة المدارية

"مارس جلوبال سيرفيور" (Mars Global Surveyor Orbiter)، التي تم الحصول عليها في السنوات القليلة الأخيرة، تكشف لنا عن مناطق أشبه بسهول الفيضانات، وقيعان بحيرات جافة، بل تشير إلى وجود محيط قديم. من الواضح أن المريخ كان دافئا ورطبا في يوم من الأيام، ولا يختلف كثيراً عن كوكبنا. هل من الممكن أن تكون الحياة قد ازدهرت هناك في الماضي البعيد؟ هل من الممكن أن تكون مستمرة حتى اليوم في مكان مجهول؟

هناك فرصة جيدة لمعرفة الأجوبة على هذه الأسئلة في الخمسين سنة المقبلة. يبدو أن موضوع علم الأحياء الفلكي الحديث سيتقدم بشكل درامي خلال العقود المقبلة، وتبشّرنا مشروعات الأبحاث مثل برنامج "نشأة الكون" (Origins Program) التابع لوكالة ناسا بتوفير التكنولوجيا اللازمة للكشف عن الحياة فيما وراء كوكب الأرض والإجابة عن السؤال القديم: هل نحن وحدنا في هذا الكون؟ وسيحظى كوكب المريخ باهتمام خاص؛ لأنه الكوكب الوحيد (إلى جانب كوكب الأرض) في نظامنا الشمسي الذي يمكن للإنسان استكشافه. إن الرغبة في الذهاب إلى هذا الكوكب كبيرة. فلعلها فرصتنا الوحيدة لدراسة نشأة ثانية .. موقع آخر في العالم نشأت فيه الحياة من العدم.

أين بالضبط ينبغي أن نبحث عن الحياة على كوكب المريخ؟ إن سطح هذا الكوكب يتسم بالعدائية الشديدة تجاه أي شكل من أشكال الحياة المألوفة التي يلزمها وجود الماء السائل بصورة أساسية. هناك وفرة من الجليد المائي تغطي قطبي كوكب المريخ، ولكن درجة الحرارة منخفضة جدا بحيث لا يمكنها أن تعمل على إذابته. وحتى لو استطاعت، فسيتبخر السائل بسرعة شديدة؛ لأن الضغط الجوي على المريخ أقل من 1٪ من الضغط الجوي الأرضي. ولابد أن المريخ فيما مضى كان يشتمل على غلاف جوي أكثر كثافة، وكان محملا بغازات احترار مثل ثاني أكسيد الكربون. ومن الممكن أن يكون ذلك قد أدى إلى ارتفاع درجة الحرارة، ووفر ضغطاً كافياً لبقاء الماء السائل على سطحه لفترات طويلة. وتؤكد التقديرات أن مرحلة "جنة عدن" (Garden of Eden) هذه انتهت منذ 3.5 مليار سنة على الأقل، على الرغم من إمكانية تمتع الكوكب بالدفء على فترات متقطعة منذ ذلك الوقت. إن 3.5 مليار سنة فترة زمنية طويلة لبقاء الحياة خامدة على سطح المريخ، لذا فإن الأمل في اكتشاف حياة هناك اليوم يكمن في الطبقات الجوفية. وقد ذهل العلماء على مدار العشرين سنة الماضية عندما اكتشفوا وجود ميكروبات تعيش على أعماق كبيرة من قشرة الأرض. وتم أيضا العثور على كائنات حية تحت قيعان البحار بمسافات كبيرة. إن عمق هذا الغلاف الحيوي الخفي يمتد في بعض الأماكن لعدة كيلومترات. ونظراً لارتفاع درجة الحرارة

كلما زاد العمق، فإن الكائنات الحية التي تعيش في الأعماق تستطيع التكيف مع الحرارة الشديدة، وتُعرف باسم الكائنات الآلفة للحرارة أو آلفات الحرارة (thermophile)، التي نجدها في بعض الحالات تعيش عند درجات حرارة أعلى من نقطة الغليان الطبيعية للماء. ومصدر الطاقة لأنواع عديدة من الحياة الجوفية لا يأتي من ضوء الشمس، بل من الطاقة الكيميائية والحرارية. فتستطيع بعض الميكروبات أن تأخذ الغازات والمعادن التي تنفذ من قشرة الأرض، وتحولها مباشرة إلى كتلة حيوية، وبالتالي تدعم سلسلة غذائية طويلة مستقلة عن الحياة على السطح.

إن اكتشاف حياة جوفية قادرة على دعم بقائها ذاتياً دون الحاجة إلى ضوء الشمس عزز الآمال في وجود حياة على المريخ بشكل كبير. فمثل كوكب الأرض، يشتمل الكوكب الأحمر على باطن ساخن، والدليل على ذلك تلك البراكين الكثيرة المنتشرة، التي يمكن أن يكون بعضها مازال نشطا. ومما لا شك فيه أن هناك بقعا ساخنة تحت سطح المريخ، إذ عملت حرارة البراكين على إذابة الجَمَد السرمدي (permafrost)، مما أدى إلى توفير سوائل يمكنها استضافة حياة بدائية. إن الحياة الجوفية على كوكب المريخ يمكن أن تكشف لنا عن وجودها من خلال الغازات المنتشرة مثل الميثان الذي يتسلل إلى السطح. وستتمكن مجسات الفضاء في المستقبل من البحث عن التركيزات الدقيقة لمثل تلك الغازات التي تنشأ من الكائنات الحية في الغلاف الجوي للمريخ. ولدراسة أي ميكروبات تحت سطح المريخ بشكل ملائم، سيكون من الضروري الولوج إلى الأعماق الجوفية لهذا الكوكب. لا أحد يعلم إلى أي مدى ينبغي التغلغل في الأعماق، حيث تختلف التقديرات من بضعة أمتار إلى كيلومترات. سوف يتم تزويد البعثات التي ستسافر إلى المريخ بمعدات تغلغل وحفر، مثل مركبة "بيجل 2" (Beagle 2) التابعة لوكالة الفضاء الأوروبية والمقرر إطلاقها في يونيو (حزيران) 2003. ولكن من غير المرجح الحفر إلى عمق يكفي للوصول إلى كائنات دقيقة على قيد الحياة.

من الممكن أن تكشف لنا العينات الصخرية، التي أُخذت من سطح المريخ وجُلبت إلى الأرض لتحليلها، عن أدلة تتعلق بوجود حياة سابقة على سطح المريخ. وأفضل دليل هو اكتشاف حفريات دقيقة. وفي سنة 1996، أعلن علماء من وكالة ناسا اكتشافهم أن الحجر النيزكي بالقطب الجنوبي، الذي انفصل عن المريخ بسبب التصادم النجمي منذ 16 مليون سنة على الأقل، يحتوي على خصائص دقيقة تدل على وجود ميكروبات حفرية. خضع الحجر النيزكي، المعروف باسم (ALH 84001)، للفحص الدقيق، وعلى الرغم من عدم صدور الحكم بعد، فإن الرأي الغالب هو أن الحجر النيزكي لن يعطينا دليلا حاسما على وجود حياة على المريخ.

تخطط ناسا لإرسال أول بعثة لجلب عينة من المريخ في نهاية هذا العقد، إذْ سيحاول مجس آلي التقاط مجموعة منتقاة من الصخور التي تبدو مميزة على سطح المريخ لإرسالها إلى الأرض وتحليلها. ولضمان السلامة المطلقة، سيتم التحفظ على الصخور تحت حَجْر صحي صارم، ليس بغرض جعلها بمنأى عن أي صورة من صور التلوث بالأحياء الأرضية فحسب، ولكن كإجراء وقائي ضد أي بكتيريا قاتلة قادمة من المريخ. على الرغم من أن فرصة ظهور وباء قاتل قادم من المريخ ليبيدنا جميعا تبدو بعيدةً تماماً، إذ يصطدم حجر نيزكي من المريخ بكوكب الأرض كل شهر في المتوسط. وعلى مدار التاريخ الجيولوجي الأرضي، وصلت إلى الأرض مليارات الأطنان من الصخور المريخية. وإذا أخذنا في الحسبان هذه الصخور التي جاءت من المريخ إلى الأرض، فإن أي ميكروبات موجودة في العينات المجلوبة ربما جاء أسلافها من قبل على متن هذه الصخور وأصابونا بالعدوى بالفعل. فقد أثبتت التجارب باستخدام قذائف المدفعية وأجهزة الطرد المركزي أن الميكروبات يمكنها بكل سهولة أن تقاوم صدمة انقذافها من كوكب المريخ. وبمجرد أن تكون في الفضاء، فإن ظروف التفريغ الباردة تعمل كمادة حافظة. تقوم بعض البكتيريا بتكوين أبواغ صلبة عند تعرضها للضغط ويمكنها البقاء حية في حالة سُبات لفترة زمنية طويلة. ويُعد الإشعاع بمثابة الخطر الأعظم الذي يهدد الميكروبات عند السفر عبر الفضاء بين الكواكب، ولكن الميكروبات المغطاة بصخور بسمك مترين من جميع الجهات تكون محمية من الأشعة فوق البنفسجية للشمس، واللهب الشمسي، وغيرها من الأشعة باستثناء أكثر الأشعة الكونية نشاطاً. وتؤكد الحسابات أن البكتيريا شديدة القدرة على الاحتمال يمكنها تحمّل ملايين السنين في مدار حول الشمس إذا سكنت الصخرة المناسبة. أما الخطر النهائي وهو دخولها في الغلاف الجوي للأرض بسرعة عالية، فلا يمثل مشكلة لعدم وجود وقت يسمح بتغلغل حرارة الاحتكاك إلى الجزء الداخلي للحجر النيزكي. وبشكل عام، يبدو أنه لا يوجد عائق كبير أمام الانتقال الناجح للكائنات الحية الدقيقة من المريخ إلى الأرض.

ويتم التخطيط الآن لإرسال بعثات متابعة للاستمرار في أخذ عينات من المريخ، مع الحرص على مراعاة موقع الهبوط بمجرد التأكد من تكنولوجيا الروبوت. ومن المحتمل أن يتحسن استخدام المركبات الجوالة (rover vehicle) عند توظيف أجهزة الكمبيوتر الفائقة، والشبكات العصبية، وتكنولوجيا الاستشعار المعقدة. وبدلا من المركبات الثقيلة البطيئة مثل المركبة الجوالة "سوجورنر" (Sojourner) التي استخدمتها بعثة "باث فايندر" (Pathfinder) تحت إشراف وكالة ناسا سنة 1997، ستتمكن المركبات الجوالة الذكية من إجراء الاستكشاف بنفسها، بحيث

تتخذ القرارات الفورية بشأن التضاريس، وعينات الصخور، وغيرها دون مساعدة من البعثة. إن تطوير طائرة للوصول إلى المريخ، بحيث يمكنها الهبوط والسير على سطحه القاحِل، سيؤدي إلى إدخال تحسينات كبيرة على تقنيات المسح المقصورة حالياً على المركبات المدارية (orbiter).

يجب أن تساعد هذه الآليات التكنولوجية المتطورة على دراسة المواد الموجودة على سطح المريخ بمزيد من التفاصيل. وبالرغم من ذلك، لن يكون من السهل العثور على صخور مريخية تحتوي على حفريات عمرها 3.5 مليار سنة (ناهيك عن ميكروبات حية بداخلها). ويوجد على الأرض مجموعة ضئيلة من الأماكن التي يمكن العثور فيها على حفريات بهذا العمر، وذلك بعد اختيار دقيق للغاية. وهناك فرص ضئيلة لتمكن أي مجسّ دون روّاد فضاء من جمع صخور تحتوي في باطنها على حفريات. ومن الممكن ألا يتم حسم مسألة ما إذا كانت هناك حياة موجودة (أو كانت موجودة) على سطح المريخ من عدمها حتى بعد بضعة عقود من البحث المكثف. وإذا استمر الأمر على هذا النحو، فإن الأمل الأخير لحسم المسألة يكمن في إرسال بعثة مكونة من طاقم استكشاف.

إن إرسال طاقم استكشاف بشري إلى المريخ ليس بالأمر الهين، إذ تبلغ قيمة إرسال أربع رواد فضاء 10 مليارات دولار على الأقل، وإن كان من الممكن تقليلها. وقد أوضح المستشار الهندسي المستقل روبرت زوبرين (Robert Zubrin) في كتابه "قضية المريخ" (The Case for Mars) الصادر سنة 1996 أن جزءا كبيرا من النفقات المرتبطة ببعثات المريخ يرجع إلى نقل الوقود اللازم لرحلة العودة. ولكن يمكن أن تكون هذه النقطة غير ضرورية. فالمريخ يحتوي على كل من الماء وثاني أكسيد الكربون، ويمكن تحويلهما معا إلى غاز الميثان، الذي يعتبر وقودًا دافعًا جيدًا. ويتصور زوبرين إرسال مفاعل كيميائي إلى سطح المريخ والانتظار حتى يولِّد مخزونا كبيرا من الوقود قبل انطلاق البعثة. سيواجه رواد الفضاء مخاطر عديدة في رحلتهم بين الكواكب، التي يمكن أن تستمر لعدة أشهر في الذهاب والعودة. ولكن، بمجرد الهبوط وإقامة قاعدة على سطح المريخ، لن تكون الحياة خطرة جدا. فسطح المريخ - كما أوضح زوبرين - ثاني أكثر الأماكن أمانا في المجموعة الشمسية.

ووفقاً لخطة زوبرين، يبقى رواد الفضاء على سطح المريخ لمدة سنتين، وخلال تلك الفترة يقومون بتنفيذ عملية استكشاف واسعة النطاق باستخدام مركبات جوالة بغرض البحث عن علامات على وجود حياة على المريخ. ومن الممكن أن يتم إرسال معدات الحفر قبل وصول طاقم البعثة، حتى يتمكنوا من أخذ عينات صخرية من التكوينات الجوفية العميقة للمريخ. ومن

المفترض في الوضع المثالي أن تعود البعثة الأولى إلى الأرض عند وصول فريق بديل، وبالتالي تحقيق استمرارية الوجود البشري على كوكب المريخ.

ستكون طموحات البعثة الاستكشافية إلى المريخ أكبر بكثير من الهبوط على سطح القمر بمركبة أبولو، مع ضرورة حلّ الكثير من المشكلات التكنولوجية أولاً. على سبيل المثال، من الممكن أن تثبت خطورة المشكلات الطبية المرتبطة بانعدام الوزن لفترة طويلة، ولابد أن يوفر استخدام محطة الفضاء الدولية تجربة قيمة في هذا الشأن. ورغم أن التخطيط قد يستغرق عدة عقود، فإنني لا أرى أن هناك أسبابا وراء عدم سفر الرجال والنساء إلى كوكب المريخ بحلول سنة 2050.

ماذا لو اكتشفنا وجود حياة على المريخ بالفعل؟ ستتوقف أهمية هذا الاكتشاف بشكل حاسم على ما إذا كانت الحياة على المريخ تشبه الحياة على الأرض. هذا عامل مهم باعتبار أن كوكبي الأرض والمريخ قد لوث أحدهما الآخر. فهناك حركة كبيرة للمواد ليس فقط من المريخ إلى الأرض بل أيضا في الاتجاه المعاكس (نظرا لأن الأرض كانت تتعرض أحيانا لاصطدامات كبيرة بالنجوم والمذنّبات)، وإن كانت نسبة الصخور التي تتحرك من الأرض إلى المريخ أقلّ بسبب قوة الجاذبية الأرضية، ومن الممكن أن تكون الميكروبات قد انتقلت في أي من الاتجاهين أو كليهما عبر هذه العملية. سيعمل هذا المزج بين الكوكبين على تعقيد الصورة كثيراً. فمن الممكن أن تكون الحياة قد بدأت على سطح أحد الكوكبين، ثم انتشرت إلى الآخر قبل أن يتمكن نشوء ثانٍ من الحدوث. ومن النقاط المثيرة للجدل ما إذا كانت الحياة التي تم نشرها قد استنزفت كل سبل العيش المتوفرة والموارد الغذائية، وبالتالي أعاقت حدوث نشوء ثانٍ، أو ما إذا كان من الممكن أن يتعايش نظامان بيولوجيان مختلفان على الكوكب نفسه.

يبدو أن المريخ كان أكثر ملاءمة لبدء الحياة عليه. ونظراً لأنه أصغر حجماً من الأرض، فقد برد أسرع منها، ولعلّه كان جاهزاً لاستقبال الحياة منذ 4.4 مليار سنة. وفي المقابل، ربما لم تكن الأرض صالحة للسُكنى حتى حوالي 3.7 مليار سنة مضت. لقد تعرض كل من الأرض والمريخ لقصف هائل من جانب المذنّبات والنجوم العملاقة لما لا يقل عن 700 مليون سنة بعد تكوين النظام الشمسي منذ 4.5 مليار سنة. وكان من شأن أكبر حوادث الاصطدام أن يكون عنيفاً للغاية لدرجة أن ينهي الحياة على الكوكب بأكمله، ويجعله يسبح في بخار صخري متوهج عند درجة حرارة تبلغ 3 آلاف درجة مئوية، فبعث هذا الفرن الكوني نبضاً حرارياً بعمق كيلومتر في باطن الأرض، مما أدى إلى إبادة كل شيء ما لم يكن مختبئاً في الأعماق بعيداً عن سطح الكوكب. ولكن ما كان لأي كائن حي أن يكون مستقراً على أعماق بعيدة جداً؛ لأن ارتفاع درجة الحرارة بصورة

كبيرة يحول دون العيش فيها. لذا من الممكن أن تكون هناك منطقة وسط ملائمة للحياة تحدّها من أسفل الحرارة الداخلية للكوكب ومن أعلى النبضات الحرارية الآتية من الاصطدامات الهائلة. بالنسبة لكوكب المريخ، ربما كانت هذه المنطقة الملائمة لحياة الميكروبات بعيداً عن السطح، مما يجعله الخيار الأفضل لبدء الحياة عليه مبكراً.

كل صور الحياة على الأرض متداخلة فيما بينها، بمعنى أنها كلها منحدرة من سلف مشترك. إن الأنواع المختلفة التي تسكن كوكبنا لا تتعدى كونها فروعاً مختلفة، تنتمي إلى شجرة الحياة العالمية. فإذا كانت الحياة قد بدأت بالفعل على كوكب المريخ، وانتقلت منه إلى كوكب الأرض، فإن أي حياة سواء مندثرة أو باقية على كوكب المريخ ستمثل فرعاً آخر من هذه الشجرة .. ربما يكون فرعاً أدنى وأقدم، ولكنه يشترك مع الحياة على الأرض في أصل واحد. بحلول سنة 2050، ستكون طرق سَلْسلة الجينيات مؤتمتة بدرجة أكبر، وتكون معداتها قابلة للنقل. وربما يمكننا حينها أن نجري التحليلات الضرورية في القاعدة التي ستُبنى على المريخ، وهو ما يجنّبنا الحاجة إلى اتخاذ إجراءات الحَجْر.

فإذا اتضح أن الحياة على المريخ تشبه الحياة على الأرض، فسيكون المريخ قد فشل في توفير العينة الثانية من الحياة التي نسعى وراءها بكل جهد. وسيكون من الممكن التأكيد على أن أصل الحياة كان مجرد مصادفة غريبة وفريدة وقعت في الكون. ولحسم موضوع تفرّد الحياة أو كُلّيتها، نحن بحاجة إلى البحث في مواقع بعيدة. إن أوربا (Europa) - أحد أقمار المشتري - هو الجرم الآخر الوحيد في المجموعة الشمسية الذي يُشتبه بوجود كميات كبيرة من المياه السائلة على سطحه. ولهذا القمر قشرة جليدية من المحتمل أن يوجد تحتها محيط سائل، يدفئه الاحتكاك الناجم عن المد والجزر أثناء دوران أوربا حول كوكبه العملاق. ونظرا للبعد الشديد لقمر أوربا، فمن غير المرجح أن يكون قد تلوث بيولوجيا بفعل الأرض أو المريخ. ولسوء الحظ، لا يمكن إرسال بعثة استكشاف مأهولة إلى أوربا بأي تكنولوجيا يمكن التنبؤ بها حتى على مدار الخمسين سنة المقبلة. ولكن من المحتمل إرسال مجس بدون رواد خلال الثلاثين سنة المقبلة. سيكون التحدي اختراق طبقة الجليد السميكة. وتتمثل إحدى طرق الاختراق في تجهيز المجس بمفاعل نووي صغير يمكنه أن يتحرك لأسفل مذيباً ما في طريقه من جليد، ويمكنه بعدها أن يُطلِق غواصة لاستكشاف المحيط المظلم تحت هذا الجليد.

يتفق اختصاصيو علم الأحياء الفلكي على أن فرصة العثور على أي حياة خارج نطاق الأرض في المجموعة الشمسية أكثر تقدماً من البكتيريا البسيطة ضئيلة للغاية. ففي الغالب،

تحتاج صور الحياة المعقدة إلى كوكب يشبه الأرض كثيرا، ويتمتع بغلاف جوي كثيف، وماء سائل، وطبقة أوزون، وصفائح تكتونية لإعادة تدوير غازات الغلاف الجوي مثل ثاني أكسيد الكربون. إن البحث عن كواكب شبيهة بالأرض في الأنظمة الشمسية الأخرى سيكون بمثابة موضوع بحثي عظيم في العقود المقبلة. إن المسافات بيننا وبين النجوم شاسعة جداً بحيث إنه من المستبعد كثيراً استكشافها في الخمسين سنة المقبلة، ودون ثورة في تكنولوجيا قُوَى الدفع، ستستغرق أي مركبة ترسل إلى ما وراء النظام الشمسي آلاف السنين حتى تصل إلى وجهتها. ويجب أن يعتمد البحث عن كواكب أخرى شبيهة بالأرض في المستقبل القريب على تكنولوجيا رصد محسّنة. لقد اكتشف الفلكيون عشرات الكواكب خارج النظام الشمسي (extrasolar) في السنوات الأخيرة باستخدام تلسكوبات بصرية مرتكزة على الأرض، ولكن التكنولوجيات المستخدمة حتى الآن لا تمتلك الحساسية الكافية لتحديد كوكب في حجم الأرض، يدور في مدار مشابه حول نجم آخر. ولتحقيق ذلك، يتطلب الأمر وجود نظام بصري كبير وفائق الدقة، يوضع في الفضاء يكون قادرا على التقاط ضوء الكوكب الضعيف المنعكس من الوهج الشديد لنجمه الرئيسي، ثم تحليل طيف هذا الضوء بحثاً عن العلامات التي تدل على وجود حياة على سطحه، مثل وجود الأوكسجين في الغلاف الجوي لهذا الكوكب. ويمثل هذا العمل أحد الأهداف الرئيسة لبرنامج "نشأة الكون" التابع لوكالة ناسا.

هناك اقتراح بإنشاء نظام يضم أربع تليسكوبات بصرية تطير في تشكيل متزامن شديد الدقة لتكوين مقياس تداخل (interferometer) يمكنه تحليل الأهداف الفلكية البعيدة بتفصيل لم يسبق له مثيل. ويمكن وضع هذا النظام – المسمى "الباحث عن الكواكب الأرضية" (Terrestrial Planet Finder) – في مدار حول الشمس بحلول 2016. فإذا أثبت نظام الباحث عن الكواكب نجاحه في مهمته، سيتبع بنظام مصور الكواكب (Planet Imager) وهو عبارة عن مقياس تداخل آخر أكبر من الأول، ويتميز بقوة تحليلية تكافئ قوة تليسكوب واحد عرضه 360 كيلومترا! ومن الممكن أن يوفر هذا النظام صوراً مقرّبة لتحديد الكواكب الشبيهة بالأرض خارج النظام الشمسي يمكن العثور عليها، مما يؤدي إلى الكشف عن أي حياة على أي سطح. ومن اللافت للنظر أنه بعد حوالي مائة وخمسين سنة من ملاحظات لويل شديدة التدقيق – الخاطئة – حول وجود شبكة قنوات على سطح المريخ، يمكننا الآن التقاط صور لمثل تلك البنى في نظام نجمي آخر يبعد عنا بكثير من السنوات الضوئية.

بالطبع، سنكون محظوظين للغاية لو عثرنا على حياة معقدة وذكية في مجرة قريبة مجاورة

لنا. فمن الجائز تماما أن تشتمل الأنظمة النجمية الأخرى على كواكب تشبه الأرض توجد على سطحها حياة، وإن كانت حياة على مستوى البكتيريا. إن وجود حياة معقدة على الأرض ربما يعتمد على خصائص معينة تميز نظامنا الشمسي. على سبيل المثال، يتبع كوكبنا قمرٌ كبير بشكل غير عادي، يساعد على تثبيت حركة كوكب الأرض ومنع حدوث تغيرات مناخية كبيرة. ومن المحتمل أن يكون القمر قد تشكّل من الطبقة الخارجية للأرض، نتيجة ضربة غير متوقعة من جسم بحجم المريخ أثناء تكون النظام الشمسي، وهو حدث عَرَضي يصعب تكراره مرات كثيرة. ويلعب كوكب المشتري دوراً رئيساً ـ أيضاً ـ عن طريق كسح المذنبات التي كان من الممكن أن تصطدم بالأرض، وتتسبب في إبادة أعداد هائلة من الكائنات الحية بشكل متكرر. تؤكد مثل هذه الظروف وغيرها - مثل التركيبة الكيميائية لكوكبنا وثبات الشمس - أن وجود كواكب صالحة للسُكنى مثل الأرض أمر نادر نوعا ما في المجرة.

يقف البحث عن حياة على كواكب غير الأرض واثقا على عتبة النجاح. وتتوقف أشياء كثيرة على النتيجة؛ لأن البحث عن الحياة في مكان آخر بمثابة بحث عن أنفسنا أيضا .. من نكون؟ وما موقعنا في هذا الكون العظيم؟ فإذا كانت الحياة عبارة عن مصادفة كيميائية كبيرة اقتصرت على ركننا الصغير من الكون، والكائنات الذكية - التي هي نحن — فريدة من نوعها، فإن صيانتنا المسؤولة لكوكب الأرض تزداد أهمية. أما إذا تمكّنا من العثور على نشوء ثانٍ، فسوف يحدث ذلك تحولا إلى الأبد في علومنا وديننا ونظرتنا للعالم. إن الكون الذي تتسم فيه قوانين الطبيعة بالتواؤم مع الحياة هو كون تُعدّ الحياة فيه خاصية أساسية وليست عارضة. إنه كون يمكننا أن نشعر فيه بالأمان بكل ما في الكلمة من معنى.

بول ديفيز (Paul Davies): عالم فيزياء نظرية، وأستاذ زائر بجامعة إمبيريال كوليدج لندن وجامعة كوينزلاند، ومؤلف كتب علمية مبسطة وهي من الكتب الأكثر مبيعاً مثل "حول الزمن" (About Time)، و"عقلية الإله" (The Mind of God)، و"المعجزة الخامسة: البحث عن أصل الحياة" (The Fifth Miracle: The Search for the Origin of Life). تدور أبحاث ديفيز بصورة أساسية في مجال الجاذبية الكمية وعلم الكونيات، ولكن اهتماماته أوسع من ذلك بكثير بدءا من الفيزياء الجزيئية إلى علم الأحياء الفلكي. يعمل حاليا على مسألة النشوء البيولوجي (biogenesis) وأثر الاصطدامات الكونية على التطور المبكر للحياة. ظل لسنوات يكتب ويحاضر حول المعاني الأعمق للعلم، وهو ما أهّله للحصول على جائزة تيمبلتون (Templeton Prize) البالغة قيمتها مليون دولار سنة 1995.

جون إتش هولاند

ما هو آتٍ وكيفية التنبؤ به

إطلاق تنبؤات بعيدة المدى عملٌ جريئ محفوف بالمخاطر، إذْ من المحتمل أن يكون المصير لهذه التنبؤات إن لم يكن للمتنبئ نفسه. ومع ذلك فهذا تحدٍّ يصعب تجاهله. وقد كان العامل الحاسم في قراري طرق درب ما كان لي أن أطرقه هو معرفتي بوجود طريق غير مباشر نحو الهدف، وذلك بالتركيز على الأسس التي تقوم عليها عملية التنبؤ ذاتها ومعاملة التنبؤات كنوع من الصور التوضيحية.

أهم عامل في دقة التنبؤ هو مستوى التفاصيل. فاللاعبون المخضرمون الذين يمارسون ألعاب الرقعة يمكنهم غالبا التنبؤ بالفوز أو الخسارة بعد الحركات القليلة الأولى، ولكنهم نادرا ما يحاولون التنبؤ بتفاصيل النهاية. على مستوى أكثر تعقيدا، يستطيع العديد من البيولوجيين التنبؤ بأن صور الحياة المتطورة ستكون سمة عامة على الكواكب الشبيهة بالأرض، بينما سيصدر قليلون منهم تنبؤا محددا بأن هذا النظام البيئي التطوري سيؤدي حتما إلى إنتاج كائن حي يشبه الرئيسات. ويصدق هذا الكلام، أو قريب منه، على أي محاولة للتنبؤ تقريباً.

تتمثل الطريقة الشائعة للتنبؤ في استكشاف امتدادات الاتجاهات الحالية. فنستطيع من خلال هذه الطريقة التنبؤ بكل شيء بدءا من الدَخْل في المستقبل (سواء أكان إجمالي الناتج المحلي أو الدخل الشخصي) إلى التغيرات السكانية (سواء أكانت تغيرات في عدد الأنواع أو ضحايا المرض). يمكن أن تكون هذه التنبؤات ذات قيمة على المدى القصير، ولكن الاتجاهات وهي عبارة عن مؤشراتٌ عُرْضة للخطأ على المدى البعيد، ما لم تكن العمليات القائم عليها التنبؤ تنطوي على جمود (inertia) كبير، كما هو الحال في النمو السكاني أو تراكم غازات الاحتباس الحراري.

إن خمسين سنةً فترةٌ زمنية طويلة إذا أخذنا في الحسبان المستوى التكنولوجي والاجتماعي الحاليين حتى عندما ننظر في النمو السكاني وتأثيرات الاحتباس الحراري. علاوة على ذلك، خلال هذا المدى الزمني، تتأثر الخصائص السائدة كثيرا بما يُسمى الآن بالمنظومات التكيّفيّة المعقدة (complex adaptive systems) وهي تتكوّن من العديد من العناصر المتفاعلة التي تُسمى عوامل (agent)، وتتكيّف مع (أو تتعلم من) بعضها البعض أثناء تفاعلها. تعدّ أسواق المال وأجهزة المناعة أمثلة مألوفة على هذه المنظومات التكيفية. وحتى على المدى الزمني القصير نسبيا، تُبدي المنظومات التكيفية المعقدة نطاقا من التأثيرات غير الجمعية (اللاخطية) مثل التنظيمات الذاتية، والفوضى، وعوامل الجذب المتكررة، والحوادث المجمدة، ونقاط الرفع وما شابه. ونتيجة لذلك، تلخص تأثير المكونات للحصول على اتجاه عام. علاوة على ذلك، ليس لدينا إلا شذرات من نظرية المنظومات التكيفية المعقدة. ونظرا لافتقارنا إلى نظرية شاملة، لا توجد لدينا طريقة عامة قائمة على مبادئ لتحديد تأثير هذه التأثيرات غير الجمعية. وبناءً على ذلك، عندما يتعلق الأمر بالمنظومات التكيفية المعقدة، تكون عملية التنبؤ محاطة بالمخاطر.

على الرغم من هذا التحذير، أعتقد بالفعل أنه من الممكن كشف النقاب عن مستقبل (future) بديل معقول. وهذه الإمكانية تستثير قدرتنا على إنشاء نماذج. وتعد النماذج الكمبيوترية (computer-based) في الوقت الحالي أقوى أداة تمكّننا من فحص التواريخ (history) البديلة، إذ تساعدنا على رؤية نتائج تسلسلات الأحداث المختلفة، على طريقة طيار متمرس يستخدم محاكي الطيران لاختبار تصميم طائرة جديدة. إن إصدار تنبؤات من خلال النماذج له مزايا عديدة واضحة:

1. يتم الإعلان عن الافتراضات التي تنبني عليها التنبؤات، لذا يستطيع الآخرون الحكم على أهمية الافتراضات ومنطقية التنبؤات. في الواقع يمكن للآخرين استخدام أو تعديل الافتراضات لإصدار تنبؤاتهم الخاصة بما يثري المشروع ككل.
2. النماذج جيدة البناء تتكون من وحدات نمطية، بحيث يمكن اقتفاء أثر الأخطاء في الوحدات وثيقة الصلة والاستجابات المفقودة، بما يؤدي إلى اقتراح مراجعة هذه الوحدات أو إنشاء أخرى جديدة بغرض تحسين النماذج.
3. تشجع النماذج على إعادة التشغيل في ظل ظروف وتأثيرات مختلفة من أجل توضيح قوة التنبؤات.

رغم أن مزايا النمذجة مهمة لأي محاولة تنبؤ، فإن هذه الطريقة يشوبها عيب بارز في سياق هذا المقال، وهو أن إنشاء نماذج كمبيوترية عمل مستهلك للوقت، إذ يستغرق إنشاؤها ما بين أشهر وعقود، ولتنظر مثلا إلى محاولات نمذجة التغيرات المناخية. إن الوقت المخصص لإعداد هذا المقال لا يسمح بوصف كامل لطريقة النمذجة. ومع ذلك يستطيع المرء مراكمة أوصاف بسيطة لبعض لبِنَات البناء التي تمثل الخطوات المبدئية لإنشاء مثل هذا النموذج. تسمح الأوصاف البسيطة بالحصول على صور شبيهة بألعاب الفيديو، وغالبا ما يتعامل الحدس البشري جيدا مع تلك الصور، ويستوعبها بفعالية.

وكما هو الحال في تصميم الصور المتحركة، فإن نقطة البدء في إنشاء نموذج شبيه بلعبة فيديو هي تحديد ما يتغير ببطء أو لا يتغير على الإطلاق، إذ توفر الكميات الثابتة والكميات بطيئة التغير إطاراً يدعم التنبؤات. وبمجرد أن نبني هذا الإطار، علينا دمج العناصر التي تبدو أسهل من حيث التحكم أو التنبؤ. وعادة ما يكون التنبؤ بالتغير التكنولوجي أسهل من التغير الاجتماعي، رغم أن بعض كُتّاب الخيال العلمي – مثل جولي فيرن (Jules Verne) وإتش. جي. ويلز (H. G. Wells) وآرثر سي. كلارك (Arthur C. Clark) – نجحوا في محاولاتهم إصدار تنبؤات اجتماعية طويلة المدى. فرواية فيرن المنشورة سنة 1863 "باريس في القرن العشرين" (Paris in the Twentieth Century) والتي تدور أحداثها في باريس سنة 1960، تضم عدداً ملحوظاً من التنبؤات "الناجحة" على الرغم من تدخّل ايديولوجيات غير مسبوقة وحروب وتغيرات حدودية. ومع ذلك، فإن النجاحات التي تحققت في التنبؤ الاجتماعي طويل المدى نادرة. فتنبؤ جوردون مور(Gordon Moore) بتضاعف قدرات عتاد (hardware) الكمبيوتر كل 18 شهراً صَحّ لعقود عديدة، بينما لا أعرف أحدا توقّع بزوغ ظواهر اجتماعية مثل أمازون دوت كوم (Amazon.com) أو إي-باي (e-Bay) إبّان إطلاق مور تنبؤه.

لذا سأبدأ بالمهمة التي تبدو لي أسهل، وهي وصف بعض التغيرات التكنولوجية التي أرجّح حدوثها في مجالات عديدة متشابكة مثل الحوسبة والروبوتية (robotics) والبيولوجيا والنقل واستكشاف الفضاء. ثم سأستنتج بعض العواقب الاجتماعية الناجمة عن هذه التغيرات، أي تأثيرها على السكان، والتخطيط والتعليم، والخصوصية والطب وعصر جديد من الاستكشاف.

إطار تكنولوجي

يسهل نسبيا التنبؤ بالإطار الواسع لمستقبل الكمبيوتر وفروعه، مثل الإنترنت، على مدار

السنوات العشر أو العشرين المقبلة. وسيظل قانون مور الخاص بتقدم عتاد الكمبيوتر سارياً، وسيبقى شديد على البطء في مضاعفة كفاءة البرامج (software) التي تتضاعف كفاءتها على فترات بين عقد وعقدين. إن الوتيرة البطيئة التي تتسم بها البرامج لها أهمية الوتيرة السريعة نفسها التي يتقدم بها العتاد. وعلى الرغم من امتلاكنا الآن بعض القدرة على تزويد الكمبيوتر بقسط بسيط من التعلم الموجه نحو المهام، فإننا لم نتحسن سوى قليلا عما كنا عليه في منتصف القرن الماضي فيما يتعلق بمنح الكمبيوتر قدرات بشرية أوسع مثل التعرف المرن على الأنماط (التعرف على الأشياء المألوفة في إطار طبيعي مزدحم) أو فهم اللغات (على سبيل المثال، فهم رواية). كما أننا ما زلنا لا نملك سوى أفكار أولية - تماماً - لتزويد الكمبيوتر بقدرات على الاختراع، والاستدلال عن طريق القياس، والمنطق السليم، وفرض افتراضات، وما شابه.

لا يساعدنا قانون مور كثيرا عندما نواجه مسائل المنظومات التكيفية المعقدة؛ لأن التغيرات الصغيرة في حجم المشكلة يمكن أن تتسبب في زيادة كبيرة في التعقيد. ولإعطاء مثل بسيط، يمكن زيادة عدد متتاليات العشر حركات الممكنة في لعبة "جو" (Go) بمعامل خمسة عن طريق إضافة صف جديد واحد وعمود واحد إلى رقعة اللعب المكونة من 19 × 19 خطاً، وذلك دون تغيير القواعد على الإطلاق! إذا كان هذا الأمر يحدث مع لعبة محددة بستة قواعد، فماذا سيكون الحال بالنسبة للمنظومات التكيفية المعقدة، مثل الأسواق والحكومات، إذ يمكن لنماذج بسيطة أن تتضمن عشرات "القوانين" التي تصف التفاعلات؟ لن تستسلم تلك المسائل للعتاد وطريقة القرصنة التي جسّدها فوز الكمبيوتر "ديب بلو" (Deep Blue) على جاري كاسباروف (Garry Kasparov). ولكن البشر يتعاملون مع المنظومات التكيفية المعقدة بشكل روتيني، وغالبا بشكل فعال. ولإعادة صياغة ما كتبه رائد الذكاء الاصطناعي مارفن مينسكي (Marvin Minsky)، فإن العَجَب لا يكمن في أن يلعب "ديب بلو" الشطرنج بمثل مستوى أستاذٍ عالمي، بل يكمن في أن البشر يستطيعون، بقدرتهم القليلة على البحث بالتفصيل على مدار عشر حركات مثلاً، أن يتحدوا الكمبيوتر على ذلك المستوى. لقد شغلت محاولات اكتشاف الآليات التي تولّد الفكر والشعور البشريةَ منذ فجر التاريخ المدوّن. ويعتقد معظم علماء النفس حاليا أن الوعي مرتبط بنشاط الخلايا العصبية في الجهاز العصبي المركزي، ولكننا، ويا للدهشة، مازلنا لا نعرف إلا القليل بخصوص العلاقة بين الوعي والنشاط العصبي. لقد ثبت أنه من الصعب الكشف عن هذه العلاقة، ولا أتوقع ظهور "حلول مفاجئة" في الخمسين سنة المقبلة.

إطار اجتماعي

عند إصدار تنبؤات اجتماعية، نعرف أن الطبيعة البشرية تغيرت ببطء، إن كانت قد تغيرت أساساً، خلال الألفية. كان هناك أعضاء بمجلس الشيوخ الروماني ممن كونوا ثروات هائلة باحتكار سوق القمح، عندما تلقوا تحذيراً مبكراً من موظفين حكوميين بحدوث عجز في محصول القمح القادم من قرطاجة، "سلة الغذاء" الرومانية. ولكن الجشع وأوجه استغلال هذه التنبؤات قصيرة المدى تعبرا قليلاً في الألفي سنة التالين.

بالإضافة إلى الثبات الذي فرضته الطبيعة البشرية، ظهرت مشكلات نجمت عن عمليات تتسم بالجمود (inertia) من قبيل حجم السكان والعمليات المتأثرة بالسكان، مثل تراكم غازات الاحتباس الحراري، التي تتسم بمعدل دوران بطئ متأصل بفعل طول الزمن الذي تتم فيه. ويتأثر كثير من أعمالنا الاجتماعية بالمشكلات التي لا تخضع لحل سريع. وتحتاج الحلول في هذا المجال إلى تنبؤات للآثار طويلة المدى للإجراءات الحالية.

ومن المحتمل أن تستمر الجهود المكثفة المستدامة الحالية لزيادة فهم العمليات البيولوجية بفضل المزايا الاجتماعية والمالية الكبيرة وثيقة الصلة. ولكن، هذه حالة تخضع فيها تفاصيل هذا الجهد – ما سنستغله وما لن نستغله – لنطاق واسع من الاعتبارات السياسية والاقتصادية والشخصية. فالصراع محتدم وقوي بين المزايا قصيرة المدى والاستشكافات بعيدة المدى في هذا المجال.

التغير التكنولوجي

إن استمرار صلاحية قانون مور يجعل من المجدي تصغير ودمج العديد من الأجهزة التي شاعت في أواخر القرن العشرين. سنتمكن من اختراع جهاز اتصال عالمي في حجم الساعة يضم كاميرا فيديو وكمبيوتر وجهاز تحريك صور وجهاز تحديد مواقع وكمبيوتر محمولاً وشاشة عرض ثلاثية الأبعاد (مشابهة لجهاز العرض الذي يستخدمه (R2D2) في "حرب الكواكب")، ويوفر خيارات تحكم شاملة. سيصبح انتشار هذا الجهاز بمثل شهرة ساعة اليد، وبتدعيمه لواجهات تشبه ألعاب الفيديو والتعلّم الموجه نحو المستخدم، سيصبح في النهاية في سهولة استخدام الكمبيوتر المحمول.

إذا كان لنا الحصول على أجهزة كمبيوتر يمكنها التعامل بشكل مستقل مع منظومات تكيفية معقدة، فسنحتاج إلى برامج يمكنها – بشكل روتيني وفعال – التمتع بالمرونة والذكاء اللذين

يتمتع بهما البشر. أعتقد أنه لا يمكن تنفيذ ذلك إلا من خلال برامج يمكنها التعلم والتطور. ونظرا لأن المشكلات التي تتضمن منظوماتٍ تكيفيةً معقدةً خطيرةٌ وعامةٌ، وهي تتراوح من ظواهر اجتماعية مثل تدهور وسط المدينة (inner-city decay) أو التقلبات في التجارة العالمية إلى موضوعات بيئية مثل التعرض لغزو من كائنات غريبة أو استدامة الأنظمة البيئية، فسيكون هناك تأكيد مستمر ومتزايد على البرامج التي تتمتع بهذه القدرات. وحتى بمعدل التحسن البطئ الحالي، سيكون هناك استخدام متزايد للبرامج التي تعدل ذاتها بناء على التجربة وذلك للوفاء بالمتطلبات الخاصة بكل مستخدم على حده. وفي خلال خمسين سنة، من المحتمل أن نتوصل إلى أجهزة روبوت يمكنها العمل كمساعدين مدرَّبين، مع أنها سترتبك في مواجهة ما هو غير متوقع. ولا أعتقد أننا سنتوصل إلى اختراع أجهزة روبوت "عاقلة" خلال الخمسين سنة المقبلة، على الرغم من أنني أظن أن هذا سيحدث في نهاية المطاف.

لقد تطور فهمنا للحياة وللكائنات الحية بمساعدة أجهزة الكمبيوتر والأجهزة المخبرية المؤتمتة. وبحلول منتصف القرن الحادي والعشرين، فإن شقاً كبيراً من الطب على نحو ما كان يمارس في الجزء الأخير من القرن العشرين – على سبيل المثال، استخدام الجراحة والعلاج الكيميائي والإشعاعي لعلاج السرطان – سيبدو غير فعّال تماماً، مثلما بدا لنا الفصد الذي مورس في القرون السابقة. ومن المرجح أننا سنتمكن من خلق حياة في أنبوبة اختبار عن طريق البدء بمواد كيميائية حيوية غير حية، بكل ما يحمل هذا من معنى بالنسبة لإيجاد علاجات مهندسة للأمراض. ومن شبه المؤكد أننا سننتج أجهزة مناعية صناعية يمكنها مواجهة كل من الفيروسات الحية وفيروسات الكمبيوتر. إن الجهاز المناعي الذي وُلدنا به غالبًا ما يقلل من شأن قوته؛ فهو يحارب عدداً كبيراً من الغزاة العتاة بفعالية كبيرة تجنّب معظمنا الإصابة بالأمراض لفترات زمنية طويلة. وهذه هي النقطة الأهم عندما ندرك أنه يمكن مقارنة هذه الفترات الخالية من المرض - من حيث أجيال خلايا الجسم - بعدد الأجيال البشرية بين العصور الوسطى والوقت الحالي. إن القدرات التشخيصية للأجهزة المناعية الصناعية ستساعد - أيضاً - في حل بعض الصعوبات فيما يتعلق بربط الجينومات المُسَلسلة بالشبكات الأساسية المعقدة لجزيئات إصدار الإشارات المسماة بالدوائر الحيوية (biocircuit) التي تمنح الخلايا البيولوجية تماسكها ومرونتها.

هناك مجال تكنولوجي واحد تأخر فيه التغيير كثيرا وهو النقل البري. وفرت السيارات التي ظهرت في القرن العشرين للمواطنين في الدول المتقدمة قدرة كبيرة على الحركة، إذ حررتهم من الارتباط بالمكان الأشبه بقيود الرقّ. ولكننا مازلنا نعاني من اكتظاظ الطرق الرومانية. وعلى

الرغم من أن الواقع الراهن تدعمه بنية أساسية هائلة من الشركات وجماعات الضغط، فإن هناك تغيرات كبيرة في توصيل الطاقة المضغوطة تظهر في الأفق. وقد يسّر التوجيه بالكمبيوتر ونظام تحديد المواقع العالمي المرونة في نقل الأفراد، دون التقيد بالطرق في التسيير. ومن المحتمل بنسبة خمسين في المائة أن تكون هناك وسيلة نقل من نوعٍ ما خالية من الضوضاء لنقل الأفراد براً وبحراً وجواً في غضون الخمسين سنة المقبلة. على الرغم من ضرورة وجود حقوق مرور معتمدة لهذا النوع الجديد من وسائل النقل، سيكون هناك توفير كبير في تكاليف البنية التحتية، مثل صيانة الطرق السريعة والكباري.

أخيراً، أعتقد أننا سنتخلص من المنعطف الذي وضعنا أنفسنا فيه في طريقنا لاستكشاف الفضاء. فمنذ أربعين سنة تمكنا من الطيران إلى حافة الفضاء باستخدام سلسلة الطائرات إكس (X-series) والطائرة بلاك بيرد (Blackbird). لكننا تخلصنا من ذلك كله، مدمرين في أغلب الأحوال مرافق الإنتاج المهمة بل المخططات، لاتباع طريقة جيدة التخطيط – وإن كانت ذات نهاية مسدودة – المتمثلة في إلحاق كبسولات فضائية بصواريخ الدفع. ولكننا نقترب من نهاية هذا المنعطف لأسباب مختلفة:

لقد بدأنا مرة أخرى البحث عن أنظمة دفع، مثل طائرات سكرام النفاثة (SCRAM)، التي يمكنها أن تقلّنا إلى الفضاء.

هناك ميزات علمية وعسكرية واقتصادية واضحة للدول التي يمكنها التنقل بحرية في الفضاء بين الكواكب، مثلها في ذلك مثل الميزات التي امتلكتها الدول التي استطاعت عبور المحيط المفتوح في القرنين الخامس والسادس عشر.

لقد بيَّن علم الفلك في الجزء الأخير من القرن العشرين – والفضل في ذلك يرجع إلى تلسكوب هابل الفضائي – كل ما ينتظرنا في "الخارج هناك".

التغير الاجتماعي

إن الأولوية الأولى على مستوى الخمسين سنة المقبلة هي تقليص عدد سكان الأرض إلى مستوى يتلاءم أكثر مع الموارد المتجددة. فبعض أكبر المشكلات وأخطرها، مثل نقص الإنتاج الغذائي، وتقلص الغابات، وارتفاع درجة الحرارة في العالم بأسره، والنقص في الطاقة، يمكن ردها إلى زيادة أعداد البشر مقارنةً بالموارد. إن أعداد البشر المتزاحمين يؤدي إلى ضغط بدني

ونفسي، لا تستطيع الحلول التكنولوجية التعامل معه. وهناك دولٌ بأكملها تعطي الأولوية لهذه المشكلة، مثل الصين، لذا أعتقد أنه خلال الخمسين سنة المقبلة سيتم التحكم في أعداد السكان دون أن تحدث كوارث خطيرة مثل انتشار الطاعون، أو نشوب حرب عالمية.

لقد أصبحنا، في واقع الأمر، أكثر حساسية تجاه مشكلات أخرى مماثلة بعيدة المدى، مستكشفين بكل حرص ما لدينا من خيارات وبدائل. ولقد تم - تقليديا - تحسين مهارات استكشاف البدائل من خلال ألعاب الرقعة والألعاب الحربية وما شابه، ولكن كان السياق دوما محدودا. وقد ساعدت الألعاب الإلكترونية على توسيع ذلك السياق. فألعاب مثل (SimCity) و(Civilization) تزيد حساسيتنا نحو التفاعلات الاجتماعية السياسية المعقدة بشكل كبير. وتبدو واجهات تلك الألعاب واقعية إلى حد كبير، وهو ما يسمح للمواطن العادي باستكشاف الخيارات بكل سهولة. وعندما يتم ربط هذا الاتجاه بعمليات المحاكاة المعقدة في كل شيء، بدءا من المناخ إلى الذكاء الاصطناعي، ستحدث زيادة كبيرة في عدد الأشخاص الذين سيكتشفون خيارات المستقبل بطريقة قائمة على المبادئ. إن الجهاز المصغر ذا الأغراض العامة الذي ذكرته من قبل – ولتسمّه "المخطِّط" – سيعمل على تسريع هذه العملية، إذ سيربط "النظرة المستقبلية" بالمواقف اليومية. وكما هو الحال في الألعاب الإلكترونية، لن يكون ضروريا أن يملك المرء خبرة في البرمجة، وإنما كل ما يحتاجه هو الحدس والاستكشاف من خلال الخبرة. وستساعد أجهزة "المخطّط" جيل ما بعد الألعاب الإلكترونية على فحص نتائج الأفعال المألوفة، باستخدام واجهات واقعية ثلاثية الأبعاد يمكن التحكم فيها، ويمكن تهيئتها حسب قدرات المستخدم. وسنمتلك عملياً أجهزة محاكاة طيران "لاختبار نطاق" القرارات الاجتماعية والسياسية.

بالطبع ستظهر مشكلات مرتبطة بأجهزة "المخطِّط"، إحداها موجودة بالفعل، وهي المسافة المتزايدة في المعرفة والدخل بين مَن يمتهنون مهنا أو يلتحقون بتخصصات تكون فيها المخطِّطات أداة مساعدة طبيعية وبين من لا يريدون ذلك أو لا يستطيعون سلوك المسار ذاته. ففي الدول المتقدمة، سيستخدم الجميع تقريبا هذه المخطِّطات - نظير الهاتف في منتصف القرن الحادي والعشرين - لاستكشاف الخيارات المتاحة أمامهم. أما في الأماكن الأخرى فستكون هناك فجوة متسعة على الدوام من حيث المعرفة والدخل. ففي الوقت الحالي، يلتحق أقل من 15 في المائة من سكان أمريكا الجنوبية بالمدارس حتى نهاية التعليم الأساسي أو أكثر، وأكثرهم لا يستخدمون الهاتف بشكل منتظم، وأقلّ من هؤلاء سيستخدمون المخططِّات بشكل منتظم.

هناك مشكلة أخرى أكبر ستلحقنا جميعاً، وهي التمسك بالخصوصية وحرية السلوكيات

دون مراقبة مستمرة. إن قدرة المخطِّط العالية على تصوير الفيديو والتواصل السريع ستحول كل منا إلى مراسل إخباري. ولهذا جانب إيجابي، إذ ستزداد صعوبة جرائم الاغتصاب والسرقة بالإكراه والسطو، وغيرها من الجرائم التي تعتمد على الخفاء ونقص الأدلة، عندما يكون ممكننا بث موقف أثناء حدوثه بثا مباشرا. من ناحية أخرى، وهي الأهم، فإن احتمال انتهاك الشؤون الشخصية سيجعل حب وسائل الإعلام الشديد حاليا لتقديم أخبار "تهم العامة" (الكوارث والنقائص البشرية وما شابه) يبدو ضعيفا بالمقارنة. إن الخصوصية والتحرر من التطفل هما أساس الديمقراطية المستنيرة ("بيت المرء هو قلعته"). وعندما تنتهك هذه الحقوق، سرعان ما يظهر الطغيان. وبحلول منتصف القرن الحادي والعشرين، سيكون من الممكن تكنولوجيا تعقب التحركات التفصيلية لأي فرد. وسنَخْضَع كثيرا لقوى خارجية مثل عبيد القرون الوسطى الذين كان يُطلب منهم الحصول على ترخيص للانتقال بما يتجاوز حدود أقرب قرية. وكما هو الحال مع القيود على حرية التعبير لا يمكنك أن تصرخ قائلا: "حريق!" داخل مسرح مزدحم بالجمهور ويكمن التحدي هنا في إيجاد خليط من القانون والتقاليد، يقيد حق الحكومات والأفراد في انتهاك خصوصيتنا. إن السؤال ما إذا كنا سنتمكن من النجاح في هذا المسعى أم لا؟ سيبقى سؤالاً مفتوحاً، وهو يمثل ظلال رواية "1984" بعد مائة سنة.

إن تحسّن فهمنا لعلم الأحياء سيمنحنا تحكما غير مسبوق بالمرض وما سينتج عنه من تحرر من الألم. وفي الوقت نفسه، ستكون أمامنا فرص لشن حرب بيولوجية واقتراف أخطاء في الهندسة الوراثية. ولكنني أعتقد أن المزايا ستساوي العيوب إن لم تتفوق عليها. وتشكّل الأجهزة المناعية الاصطناعية حمايةً قويةً لكل من الأجهزة الطبيعية والصناعية. إن قدرة هذه الأجهزة على اكتشاف الجزيئات البيولوجية التي تقاوم المضادات (antigene) غير العادية، مصحوبةً بالأتمتة التكنولوجية لتصميم العقاقير وإنتاجها، ستعمل على تقليل تكلفة العقاقير في نهاية المطاف، حتى في الأسواق الصغيرة (الأمراض النادرة)، تمامًا مثلما أدى الإنتاج الرخيص للأقراص المضغوطة (CD) إلى إمكانية تسجيل الموسيقى لمجموعات صغيرة جدًا من المستمعين. إن هذا الانخفاض في تكلفة العلاج، المصاحب للقدرات التشخيصية لأجهزة المناعة الصناعية، يمكن أن يؤدي في النهاية إلى إيقاف الزيادة المستمرة في تكلفة الأدوية.

أخيراً، فإن قدرتنا المستقبلية على الانتقال في الفضاء بين الكواكب ستنافس اكتشاف العالم الجديد، إذ سيتمخض ذلك عن عصر من الاكتشافات والإثارة. وخلال خمسين سنة، من المحتمل أن تكون لدينا قواعد على القمر وعلى المريخ وحول المشتري، تعمل مثل القواعد الأولى التي

أسستها أوروبا في العالم الجديد في القرنين الخامس عشر والسادس عشر الميلاديين، وهو ما سيسفر عن تيار متدفق من العجائب التي تستثير الخيال والفضول. إن وجودنا في "في الخارج هناك" سيزيد ـ كثيراً ـ فرص استقبالنا لدليل – على غرار مشروع البحث عن حياة خارج الأرض (SETI) – على وجود حضارات أخرى في مجرتنا. فإذا ما تم رصد مثل هذا الدليل، فستكون له آثار كبيرة لا تقل أهمية عن آثار إعادة اكتشاف الأعمال اليونانية الكلاسيكية على أوروبا خلال العصور الوسطى.

جون إتش. هولاند (John H. Holland): أستاذ علم النفس وعلوم الكمبيوتر بجامعة ميتشيجان في آن أربور، وأستاذ زائر وعضو مجلس أمناء "معهد سانتا في". تدور أبحاثه الرئيسة حول المنظومات التكيفية المعقدة (الطبيعية والصناعية)، والنماذج الكمبيوترية للعمليات الإدراكية، وبناء نماذج للتفكير الكمبيوتري. وهو عضو بمجلس إدارة الجمعية الدولية للتحسيب الوراثي والنشوئي (ISGEC) ويُعرف على نطاق واسع باسم "أبو اللوغاريتمات الوراثية". أحدث مؤلفاته: "البزوغ: من الفوضى إلى النظام" (Emergence: From Chaos to Order)، و"النظام الخفي: كيف يؤدي التكيف إلى التعقيد" (Hidden Order: How Adaptation Builds Complexity).

رودني بروكس

اندماج الجنس البشري والآلات

واجهتنا العلوم والتكنولوجيا، على مدار الخمسمائة سنة الماضية على الأقل، بتعميمات قضت على إحساسنا بأنفسنا وبالعالم ككيانات متفرّدة، وسربت إلينا مشاعر متنوعة من القلق والسخط بل والعنف. في بداية القرن السابع عشر، اصطدم جاليليو مدعوماً بخمسين سنة من البيانات الرّصدية الدقيقة بالكنيسة حول موقع الأرض في النظام السماوي. وعلى الرغم من تراجعه التكتيكي في مواجهة العناد الديني، سرعان ما اتضح أن الأرض لم تكن جرماً فريداً في مركز الكون، بل أحد الكواكب العديدة التي تدور حول الشمس. ثم اكتُشف - لاحقاً بالطبع - أن الشمس ما هي إلاّ واحد من نجوم عديدة، وأن مجرتنا - أيضاً - ما هي إلا واحدة ضمن مجرات عديدة. وها نحن اليوم نفكر فيما إذا كان هذا الكشف المتواضع ينطبق على الكون أيضاً.

قال تشارلز داروين (Charles Darwin) في زمانه إن الإنسان عموما ما هو إلا جزء من مملكة الحيوان، ويرتبط بها ارتباطا مباشرا بسلسلة النسب، وهي حقيقة مازالت حتى يومنا هذا موضوع جدل سياسي في الولايات المتحدة. لقد شهد القرن العشرون إضافة تفاصيل صغيرة إلى هذه الفكرة عندما اتضح بعد أعمال كريك (Crick) وواطسون (Watson) أن كثيراً من جيناتنا الأساسية لا يختلف إلا قليلاً عن جينات الخميرة أو ذبابة الفاكهة. وفي نهاية القرن، وُوجهنا باثنين آخرين من هذه التعميمات، وهما أن حياة البشر ربما لم تبدأ هنا على كوكب الأرض بل جاءت من مصدر حياة موجود على كوكب آخر. وأخيرا اكتشفنا أن البشر ليس لديهم جينات بالكثرة التي كنا نتوقعها، بل الحقيقة أن عدد جيناتهم أقل من جينات حيوانات أخرى كثيرة، وحتى أقل من البطاطس. إننا لسنا متفرّدين على هذا الصعيد أيضاً.

كل من هذه التعميمات تمثل تحدياً لنظرتنا إلى أنفسنا. لقد أصبحنا أقل تفرُّدا، فنحن جزء من حقيقة أكبر. كان من الصعب دوما على الإنسان أن يتحمل فقدان خاصية التفرُّد، ولكننا تمكّنا ببطء من التكيف مع نظرتنا الجديدة للعالم التي توصلنا إليها من خلال الاكتشافات الجديدة. لم يكن أي من هذه الاكتشافات مفاجئًا. إن اكتشاف كائنات ذكية خارج الأرض — إن حدث — ربما يبدو صدمة عقلية مفاجئة، ولكن حتى في هذا الصدد، نحن نصير حساسين ببطء، وذلك في ظل تزايد فهم العديد منا لـ "مشروع البحث عن حياة خارج الأرض" (SETI) فهما جيدا بما يكفي لتبرعنا بالدوائر الكمبيوترية غير المستخدمة لصالح هذه الجهود. إن كل هذه المعارف على مستوى الجنس البشري جاءت إلينا عبر كثير من المجادلات والمناقشات والاكتشافات الأولية. ربما كانت ذرى الاكتشافات دراماتيكية، ولكن العلامات كانت موجودة على الدوام.

والآن في بداية القرن الحادي والعشرين، يمكننا رؤية علامات تدل على أن الخمسين سنة المقبلة تبشرنا بتعميم آخر. ستشعر إنسانيتنا بالتهديد، وربما يؤدي هذا إلى نشوب حروب عنيفة على أفكار جوهرها عقلي وديني. لقد بدأنا بالفعل نرى مناوشات مبكرة لهذه الحروب، وهي مناوشات لا تنبئ بخيرٍ على الإطلاق. أما التعميم الذي نواجهه فهو أننا نحن البشر عبارة عن آلات، وعليه فنحن نخضع للمعالجات التكنولوجية ذاتها التي نطبقها بشكل روتيني على الآلات. ولإضفاء قليل من التعقيد على الموضوع نقول إن بنيتنا التكنولوجية التحتية ستتغير بالكامل، كما حدث تماما خلال الخمسين سنة الماضية، وسيتم تعميم تكنولوجيا أجسامنا وتكنولوجيا عملياتنا التصنيعية بوصفهما.

إن معتقد علم الأحياء الجزيئي الحديث الأساسي غير المعلن هو أن كل ما يتعلق بالأنظمة الحية، بما في ذلك البشر، هو نتاج للتفاعلات الجزيئية. ويرتكز علم الأحياء الحديث على المادية (materialism) الصارمة. ولا يوجد شيء آخر عدا جزيئات تتفاعل وفقا لمزيج من قوى مختلفة خاضعة للتعشية (randomization) الناجمة عن تأثيرات درجة الحرارة والتأثيرات الكمّية. فلا يوجد إكسير حياة، ولا توجد قوة حياة، ولا يوجد عقل غير قائم على المادة، ولا توجد روح. هذه المواقف ليس مثار جدل بين العلماء، مثلما هو الحال تجاه فكرة أننا والبطاطا تطورنا من سلف مشترك. إذا كان أي من هذين المعتقدين - أيّ الأساس الجزيئي لحياتنا أو فكرة تطور الأنظمة البيولوجية - غير صحيح، فإن طِبّنا وصناعاتنا الزراعية والدوائية والكيميائية والصيدلانية وعلم الوبائيات سيكون مبنياً على فرضيات غير صحيحة، ونجاحه ليس المصادفة. مازالت هناك بعض التفاصيل المتعلقة بالأنظمة الحية ينبغي العمل عليها، ومما لا شك فيه أنه ستكون هناك بضعة

اختلافات وقفزات فكرية على مدار العقد أو العقدين المقبلين، ربما تشوش على علم الأحياء كما شوشت ميكانيكا الكم على الفيزياءَ أو كما شوش التحسيب (computation) على الرياضيات، ولكن لن يكون هناك هجر كامل لفهمنا الحالي. سيبقى المبدأ الأساسي صحيحا، وهو أننا لسنا سوى نتاج ترليونات وترليونات من التفاعلات الجزيئية العشوائية لا أكثر، وهذا ليس فلوجستون (phlogiston) أو أثيرا (ether) بل حقيقة تأكدت خلال آلاف التجارب الجديدة التي تجرى كل يوم طيلة العام.

لقد ظل معظم الناس في نعمة تمثلت في عدم معرفتهم نتائج خمسين سنة من علم الأحياء الجزيئي، ولم يبدؤوا في ملاحظة ذلك إلا الآن. منذ زمن ليس ببعيد، رأينا رئيس الولايات المتحدة على شاشة التليفزيون الوطني يحلل بحرص شديد الفروق الدقيقة في الأبحاث البيولوجية وهو يعلن قراره المبني على اعتبارات أخلاقية وسياسية بشأن نوع أبحاث الخلايا الجذعية الذي ستموّله الحكومة. لا شك أن هذه لم تكن آخر مرة نرى فيها رؤساءنا في حالة ارتباك شديد، ولا آخر مرة سنرى فيها تخطيا محيّرا للخطوط التقليدية من قبل المؤيدين على كلا جانبي القضية الجدلية. ومن المؤكد أنه سيكون هناك المزيد من المناظرات، بعضها عنيف، ليس فقط بشأن الأطعمة المعدلة وراثيا، كما هو الحال الآن، وإنما بشأن الاتجاهات التكنولوجية التي سيُنظر إليها بوصفها مهينة للإنسان، وتضعه في مصاف المنتجات الصناعية التي يقوم بمعالجتها.

لقد بدأنا بالفعل تحويل الأدوات التحليلية الخاصة بعلم الأحياء الجزيئي التي طورناها على مدار الخمسين سنة الماضية إلى أدوات هندسية. وعلى هذا النحو، بدأنا ندرك قدرتنا على التعامل مع الحياة نفسها – الحياة البشرية بوجه أخص – على مستوى عملها الأساسي.

منذ خمسين سنة، بُعيد الحرب العالمية الثانية، حدث تحوّل في علم الهندسة. التي كانت قبل ذلك ممارسة مهنية، ولكن بدءا من عام 1950 تقريبا تحولت إلى مجال قائم على الفيزياء. ونشهد الآن بدايات تحوّل الهندسة من جديد، وهذه المرة تجاه كونها مجالاً قائماً على علم الأحياء بشكل كبير، برغم أنها لن تضحي بخلفيتها المعرفية الفيزيائية وصرامتها. في مختبر الذكاء الصناعي بمعهد ماساتشوسيتس للتكنولوجيا، الذي أعمل مديراً له، أرى علامات هذا التحوّل كل يوم. لقد قمنا بإزالة حجرات نظيفة كنا نستخدمها في تصنيع رقاقات السليكون، وركّبنا مكانها مختبرات رطبة نقوم فيها بتصنيف البرامج إلى متواليات دي إن أيه يتم تضفيرها (splice) على شكل جينومات لإنتاج روبوتات (robot) بكتيرية. إن هدفنا على مدى ثلاثين عاماً هو التحكم الفائق في جينات الأنظمة الحية، بحيث نتمكن في النهاية بدلاً من زرع شجرة

ثم تقطيعها وتصنيع طاولة منها - من زراعة الطاولة ذاتها. لقد قمنا بتحويل المختبرات التي كنا نستخدمها في تجميع رقاقات السيليلكون والروبوتات الفولاذية إلى مختبرات لتجميع روبوتات من السيليكون والفولاذ والخلايا الحية. إننا نقوم بزراعة الخلايا العضلية واستخدامها كمشغلات ميكانيكية في هذه الأجهزة البسيطة، كمقدمة للجراحات الترقيعية التي يتم فيها تركيب أعضاء صناعية على نحو فائق البراعة للأجسام البشرية المعاقة. وقد توقف بعض العلماء في مختبر الذكاء الصناعي الذين يدرسون طرق جعل الآلات تتعلّم، عن بناء محركات بحث أفضل على الويب، وبدءوا في اختراع برامج يمكنها معرفة العلاقات الارتباطية في الجينوم البشري وبالتالي التنبؤ بالأسباب الجينية للأمراض. لقد حولنا بعض الغرف التي كانت تضم الأنظمة الميكانيكية للتصميم بمساعدة الكمبيوتر إلى غرف لقياس التحكم الحركي الدماغي للبشر، بحيث يمكننا في النهاية صنع أجزاء صناعية عصبية للمصابين بأمراض في المخ. ويقوم الباحثون الأكفاء - الذين كانوا ينشئون خوارزميات (algorithm) لاكتشاف الدبابات الروسية في أثناء الحرب الباردة - حاليا ببناء أنظمة رؤية متخصصة لتوفير التوجيه أثناء إجراء الجراحات العصبية. وهناك تحولات مشابهة تحدث في جميع أقسام الهندسة، ليس فقط في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، بل في كل أنحاء العالم.

تعمل أولى أجيال هذه التغيرات المنظورة على تسريع تقبل أجسامنا للأجهزة التكنولوجية المصنعة من الفولاذ والسليكون. إن المشاركين الأوائل في هذه الممارسات كان حافزهم أسباب إكلينيكية قوية، إذ كانوا يحاولون تعويض إصابة أو مرض يعانون منه. لقد توصلنا منذ وقت طويل إلى منظمات نبض القلب والأفخاذ الصناعية، ومؤخرا القلوب الصناعية. ولكن الآن نجد الأعضاء الصناعية العصبية الأكثر تعقيداً تصير شيئاً معتاداً. إن عشرات الآلاف ممن كانوا يعانون من فقدان تام للسمع زرعت لهم أجهزة دائمة في قوقعة الأذن، توفر ستة نطاقات تردد كمنبّه عصبي موضعي في مكان معين في قوقعة الأذن حسّاساً تجاه هذا التردد في الأذن السليمة. ويسمع هؤلاء الأشخاص من خلال التنبيه المباشر للخلايا العصبية السطحية عن طريق الدوائر الإلكترونية، وبشكل أكثر تحديداً، من خلال توليفة من السليكون والدوائر العصبية "الرطبة".

إن المصابين بضمور بقعي بالشبكية سيكونون أول المستهلكين عند النجاح في زراعة جهاز بصري بمثل هذه الفعالية. هناك فرق حول العالم تعمل على أفكار لزراعة كاميرا على هيئة رقاقة سليكون في شبكية الإنسان، تعمل على توصيل عناصر الصورة مباشرة بالأعصاب الموجودة في الشبكية، أو إرسالها سلكيا أو لاسلكيا إلى مناطق معالجة الرؤية الأولى التي تقع خلف الرأس. وتم

إجراء سلسلة من التجارب باستخدام أجهزة مزروعة قصيرة المدى، وحتى كتابة هذه السطور لدينا ثلاث مرضى يحملون أجهزة مزروعة بالشبكية منذ أكثر من عام، على الرغم من أنه لم تنشر أي نتائج حتى الآن حول ذلك. والأصعب فنياً نجاح الأجهزة البصرية المزروعة مقارنةً بالأجهزة المزروعة في قوقعة الأذن؛ نظراً للحاجة إلى وضع آلاف التوصيلات الدقيقة بين كاميرا رقاقة السليكون والخلايا العصبية لأنها ليست مجرد بضعة توصيلات تعمل على نقل الكلام العادي. ولكن هناك أسبابا وجيهة تدعو إلى الاعتقاد بأن الأجهزة المزروعة بالشبكية ستنتشر، وستنتشر في نهاية الأمر مثل الأجهزة التي تُزرع في قوقعة الأذن.

يستطيع الآن بعض المصابين بالشلل الرباعي الذين تصل إصابتهم لأعلى العمود الفقري، وجذع المخ، ولا يستطيعون التكلم أو التحكم في تنفسهم، ويحتاجون إلى جهاز تنفس، ممن أجريت لهم عملية زراعة أجهزة عصبية في المخ توجيه فأرة الكمبيوتر بمجرد التفكير. تسمح هذه الواجهة البينية بالتواصل من جديد مع العالم الخارجي، وبالتالي ممارسة بعض السيطرة عليه. فيمكنهم على الأقل اختيار ما يريدون رؤيته على شاشات الكمبيوتر، وببعض الجهد يمكنهم كتابة الأوامر والرسائل والبريد الإلكتروني. وقد استطاعوا في بعض التجارب التحكم في روبوتات تساعدهم على أداء أعمال الحياة اليومية. يجب أن نفترض أن هذا النوع من التقنيات، التي بدأت تعيد بعض الكرامة البشرية الأساسية لأصحاب مثل هذه الإصابات، ستمضي في مسارها، وسيتحسن مجال هذه الوسائل والأجهزة وستزداد مرونتها بمرور الوقت.

هناك تجارب أخرى عديدة لزرع رقاقات سليكون وفولاذ داخل أجسام من يعانون من مشكلات طبية بدءا من أجهزة تدريب عضلات المصابين بالسكتة الدماغية، ومن لديهم إصابات في العمود الفقري إلى خطط لإعادة توجيه الإشارات العصبية لدى المصابين بداء باركنسون "الشلل الرعاش" والأمراض المشابهة. أدت هذه التجارب وتلك الخاصة بمرضى الشلل الرباعي إلى بزوغ أمل بشأن إمكانية تكييف مناطق المخ الحساسة لدينا.

قبل مضي وقت طويل، سنبدأ في استخدام مثل هذه الإجراءات الإكلينيكية بطرق انتقائية. وعلى مدى العشر إلى العشرين سنة المقبلة، سيحدث تحول ثقافي، إذ سنستخدم تكنولوجيا الروبوت والسليكون والفولاذ في أجسامنا، لتحسين ما يمكننا فعله وفهمه في هذا العالم. وربما يقرر غير العميان تركيب جهاز حسّاس للأشعة تحت الحمراء أو الأشعة فوق البنفسجية في إحدى عينيهم. أو يمكننا جميعاً تثبيت وصلة إنترنت لاسلكية مباشرةً في المخ، على الرغم من عدم معرفتنا حتى الآن كيف ستكون صفحات الويب التي سنستعرضها.

عندئذ، وخلال الخمس وعشرين سنة الأولى من هذا القرن، سنبدأ في تحقيق تحسينات مشابهة ذات طبيعة بيولوجية. وخلال هذه الفترة الزمنية، سيشيع استخدام الهندسة الوراثية في مجالات أخرى غير المجالين الزراعي والطبي اللذين يجري دراستها حالياً، إذ ستستخدم في صناعة النفط وإنتاج اللدائن والمواد الأخرى، وإعادة التدوير، والبطاريات، ومصادر الطاقة المتجددة، وتطبيقات أخرى يصعب تخيلها في هذا الموقف. وبحلول سنة 2025، سنكون ـ أيضاً ـ قد حققنا سيطرة واضحة تكفي لتطبيق مثل هذه التحسينات التكنولوجية بثقة على أجسامنا. لن يكون هذا التزامن مثار دهشة؛ لأنه سيكون نتاج العلوم والتكنولوجيا ذاتها المطبقة في اتجاهات متعامدة.

ربما تستلزم بعض التحسينات البيولوجية المبكرة لأنفسنا زيادة عدد الخلايا العصبية في قشرة المخ، وهو نوع من التجارب يتم تطبيقه بالفعل على الجرذان. فعندما يتم وضع طبقات إضافية من الخلايا العصبية في مخ الجرذ في وقت محدد في أثناء تطوره، يتحسن ذكاؤه مقارنة بالجرذان التي لم تتلقَ مثل هذه الطبقة الإضافية. ومع تحسن فهمنا للتوازنات الهرمونية التي تتحكم في نمو المخ البشري في أثناء فترة الطفولة، لعلنا نمتلك القدرة على إضافة مجموعة من الخلايا العصبية إلى المخ البالغ، بحيث نحسن مستوى ذكائنا، ونستعيد قدرات الذاكرة التي كنا نتمتع بها عندما كنا أصغر سناً. ومن المرجح أن تكون هناك بعض الأخطاء والقصص المفزعة حول قصور عمليات التحسين هذه، ولكن كن على يقين من أن التكنولوجيا ستتقدم وإنْ على نحو متقطع.

وبحلول منتصف القرن الحادي والعشرين، سنمتلك عدداً كبيراً من القدرات البيولوجية الجديدة التي يبدو بعضها خيالياً اليوم، مثلها في ذلك مثل التنبؤات بشأن السرعة والذاكرة وسعر أجهزة الكمبيوتر في يومنا هذا والتي بدت خيالية بالنسبة للمهندسين الذين عملوا على أول أجهزة كمبيوتر رقمية سنة 1950. ويبدو معقولا أن نفترض أنه بحلول سنة 2050، سنتمكن من التدخل واختيار ليس فقط نوع الجنين عند الحمل، ولكن أيضاً العديد من خصائصه الفيزيائية والعقلية والشخصية أيضاً، وهي مسألة أبسط بكثير. لقد رأينا كيف أن القدرة على اختيار نوع الجنين بسهولة سببت انحرافا في نسبة الذكور إلى الإناث في كل من الصين والهند. ويمكننا أن نتوقع أن يكون لهذه القدرات الجديدة آثار عميقة لا يمكن التنبؤ بها في هذه المرحلة على التركيبة السكانية في العالم.

سنتمكن ـ أيضاً ـ من تغيير أجسام موجودة بالفعل. فقد انتشرت العمليات الجراحية التي تجرى لتعديل الأجسام، وعمليات التغيير الكيميائية الحيوية (على سبيل المثال، من خلال استخدام البوتيولينيوم توكسين) في الغرب في العشرين سنة الماضية، ونتوقع خلال خمسين سنة

من اليوم أن نشهد تغيرات جذرية في الأجسام البشرية من خلال التعديل الوراثي. سيتم توجيه العديد من التعديلات - بكل تأكيد - لإطالة العمر، ولكن الكثير منها سيهتم بتحسين أسلوب الحياة. وستزداد التنويعات البشرية بطريقة لا نتخيلها اليوم.

الطرق التي طُوّرت لإتاحة إجراء تغييرات في الجسم سيتم - أيضاً - استخدامها في بنيتنا التحتية الصناعية. كما سيتم تطوير الكثير من صناعاتنا الحالية في المستقبل من خلال استخدام الكائنات المعدلة وراثياً التي تنفّذ معالجات جزيئية تحت مظلة التحكم الرقمي الذي سنشرف عليه، وستتشابه أجسامنا مع المواد في مصانعنا. ولعلنا سنتمكن من الحفاظ على وجود فواصل في عقولنا، كما نفصل الآن عقليا بين ظروفنا وظروف الدجاج الذي نربيه في بطاريات بالمزارع. ولكن مثلما تدفعنا ظلال هذه الأفكار إلى التفكير في وجودنا المقيّد، سيحدث تغيير في نظرتنا لأنفسنا كجنس بشري، وسوف نبدأ في النظر لأنفسنا كجزء من البنية التحتية الصناعية.

ومع استمرار العمل العلمي والتقني، ستواجهنا - دائماً - المجموعة نفسها من الأسئلة المزعجة. ما معنى أن تكون حيا؟ ما الذي يجعل شيئا ما "إنسانا"؟ وما الذي يجعل شيئاً ما "شبه إنسان"؟ ومن هو "الإنسان الفائق"؟ وما التغيرات التي يمكن أن نقبلها في الإنسانية؟ هل من الأخلاق التلاعب في الحياة البشرية؟ وهل من الأخلاق حتى أن نتلاعب بالحياة البشرية بطرق "تصحيحية" معينة؟ ومن سيضع معايير التصحيح؟ ومن سيضع معايير "الحياة" و"البشرية"؟ وما المسؤولية التي سيتحملها العالم كفرد تجاه أشكال الحياة التي سيتلاعب فيها أو يخلقها؟

لن تطرح هذه الأسئلة في الدوائر العلمية حسنة النية فحسب، بل ستُعلن على نطاق أوسع في المجتمع، وسيصحبها كل شيء، بدءا من التخريب المتعمد للممتلكات إلى الإرهاب والحرب الشاملة.

إن تعميماتنا القديمة – تلك التي كانت غير مريحة في بداية ظهورها في الخمسمائة سنة الماضية – لم تغير سوى فهمنا لموقعنا في الكون. وخلال الخمسين سنة المقبلة، ستمكننا التعميمات الجديدة من تغيير هذا الموقع ذاته. إننا نتحرر من دورنا كمراقبين سلبيين للحياة ونظام الأشياء، لنصبح فاعلين ومعالجين للحياة ونظام الأشياء. لن نشاهد أنفسنا مقيدين مرة أخرى بنظرية التطور الداروينية. سنمتلك الآن خيار المشاركة بطرق صريحة في عملية التطور هذه، كأفراد وكنوع بشري. وستبدو مغامراتنا مع الانشطار النووي مثل لعب الأطفال مقارنةً بالآفاق المفتوحة أمامنا. سنحتاج إلى الانتباه إلى عجرفتنا والتخفيف منها بحرص شديد إذا ما أردنا لأحفادنا أن يكونوا يوما ما محل اكتشاف سارٍّ من قِبَل أحد "مشروعات البحث عن حياة خارج الأرض" التي تنفذ في موقع آخر بمجرتنا.

رودني بروكس (Rodney Brooks): مدير معمل الذكاء الصناعي وأستاذ علوم الكمبيوتر بمعهد ماساتشوسيتس للتكنولوجيا، ورئيس مجلس الإدارة والمدير الفني لشركة آي روبوت (iRobot)، وهي شركة لديها شراكات مع شركات ذات أقدام راسخة في صناعات الدُّمى والنفط والدفاع والصناعات الاستهلاكية. ظهر دكتور بروكس كواحد من الشخصيات الرئيسة الأربع في فيلم للمخرج إيرول موريس (Errol Morris) سنة 1997 باسم "السريع والرخيص والخارج عن السيطرة" (Fast، Cheap، and Out of Control)، الذي سمي هكذا تيمُّنا بعنوان بحث له نشر في مجلة الجمعية البريطانية لاستكشاف الكواكب. له من المؤلفات "رؤية الكمبيوتر القائم على النماذج" (Model-Based Computer Vision) و"البرمجة بلغة كومون ليسب" (Programming in Common LISP) و"الذكاء الكمبري" (Cambrian Intelligence) وأحدثها "الجنس البشري والآلات: كيف ستغيرنا الروبوتات" (Flesh and Machines: How Robots Will Change Us).

بيتر أتكينز
مستقبل المادة

الكيميائيون سحرة المادة. فهم يشكّلون مواد جديدة من التراب والهواء والمحيطات، وينتجون أشكالاً من المادة ربما غير موجودة في أي مكان آخر في الكون. ولكن على عكس السحرة، تتسم ممارساتهم بالمنطقية. فهم يعتمدون فيما ينتجونه على فهم عميق لكيفية ربط الذرات، وإمكانية التوصل إلى توليفات جديدة. وقد نبع فهمهم المنطقي للمادة - الفهم الذي أعطاهم مثل هذه القدرة - من التجارب التي أُجريت في القرنين الثامن والتاسع عشر، واصطبغت بصبغة كَمّية من خلال تطبيق ميكانيكا الكم على الكيمياء في القرن العشرين. وفي بداية القرن الحادي والعشرين، تمكن الكيميائيون من السيطرة على المادة تماماً.

تسير الكيمياء في اتجاهين، فهي تبتكر منتجات جديدة وتتمخض عن حقول جديدة. إن المنتجات التي ابتكرتها الكيمياء خلال الخمسين سنة الماضية تحيط بنا من كل جانب، من بينها أدوية تجعل الحياة أطول، وأكثر بهجة، وتجعل الموت أقل ألما، والأقمشة والأصباغ التي تضفي السعادة والحيوية على حياتنا كل يوم، والبلاستيك والسيراميك اللذان حلا محل الأخشاب والحديد، فجعلا الأبنية أقوى وأخف وزنًا، وسمحاً بتصميم أشكال جديدة ومثيرة، وأشباه الموصِّلات التي أحدثت تحوّلا في المجتمع، والموصِّلات الفائقة التي نتوقع أن تحدث هي - أيضاً - تحوّلاً جديداً، وأنواع الوقود التي تمكّننا من العيش كما نريد. وفي المقابل تمخضت الكيمياء عن حقول جديدة أيضاً، وأخذت أسماء جديدة كذلك، ولكنها تظل في جوهرها كيمياء. فعلم المواد كيمياء يعنى بإنتاج مواد جديدة بخواص ميكانيكية وكهربائية ومغناطيسية معينة. وعلم الأحياء الجزيئي – ذلك العلم غير العادي الذي ظهر في القرن العشرين وركيزة علم الأحياء والطب في القرن الحادي والعشرين - كيمياء يتم تطبيقها على الجزيئات شديدة التعقيد المسؤولة عن

الحياة. والطب الحديث - بعيداً عن جوانبه المعنية بالتقطيع والتمزيق والنشر - عبارة عن تطبيق للكيمياء، وإن كاد فيما مضى تطبيقاً ينجح بالكاد، ولكنه الآن تطبيق متزايد النجاح مصحوب بفهم. وأي شيء يتعلق بخواص المادة وتحولاتها هو في الأساس كيمياء، بغض النظر عما إذا كانت هذه المادة حية أو ميتة.

ستشهد الخمسون سنة المقبلة تضافر قدرات الكيميائيين على التعامل مع الذرات، وربطها بأنماط جديدة. وتلوح في الأفق ثلاث مسارات، أحدها تطوير طرائق الكيمياء القديمة من تقليب وتسخين وخلط، والتي خرجت بأشكال معقدة متنوعة من عباءة الكيمياء القديمة، ووصلت إلى درجة عالية من التحسن في مختبراتنا. وعلى وجه التحديد، جمع علماء الكيمياء العضوية - الذين يتعاملون مع المركبات المكونة في الأساس من الكربون — قدراً هائلاً من المعرفة بكيفية ربط الذرات في أنماط معينة، ولا شك أن هذه المعرفة ستُوجه إلى حقل الأنظمة الذكية. وسيتم على نحو متزايد تصميم استراتيجيات تخليقية بكمبيوترات تستخدم شبكات عصبية لتقييم المسار الأفضل للمضي قدماً. وستزيد أهمية الكيمياء المرتكزة على الكمبيوتر بشكل كبير بينما يحاول الكيميائيون تخليق المزيد من البنيات الأكثر تطوراً .. ليس فقط بروتينات وأحماض نووية، بل مواد عضوية للتحسيب (computation) وتخزين البيانات. وسنرى في الخمسين سنة المقبلة الكمبيوترات وهي تصمم طرقا لتخليق المنتجات المعقدة اللازمة للأجيال اللاحقة منها. فلابد أن تصغر أحجام الكمبيوترات، وفي الوقت المناسب، يجب أن تُنشأ من أصغر المكونات حجما. بمعنى أدق، يجب أن تُنشأ من جزيئات؛ لأنه لا يوجد شيء أصغر من ذلك يتسم بالتركيب المعقد الذي يؤهله للعمل كبنية. لذا سيقوم الكيميائيون إنشاء كمبيوترات جزيئية، باستخدام المهارات التي طوروها في إنشاء جزيئات أقل تعقيدا.

خرجت الكيمياء العضوية من رحم دراسة المركّبات التي كان يُعتقد أن الكائنات الحية وحدها هي التي تصنعها. وقد أطيح بفكرة أن المركبات العضوية لا تُنتج إلا طبيعياً في مرحلة مبكرة من تاريخ الكيمياء، والحيوية غير العادية للكيمياء العضوية شاهد على الإطاحة بها. إحدى النتائج المترتبة على ذلك هي احتمال قدرة علماء الكيمياء العضوية على تخليق الحياة من العدم. وللقيام بذلك، لابد أن يتمكنوا من تصنيع الدي إن أيه (DNA) - أو نظام مكافئ لتخزين البيانات الجزيئية - وتعبئته في أنظمة لاقحية (zygotic systems) صناعية محمية بأغشية صناعية ومجهزة بأنظمة أيضٍ صناعية لإمداد عملية الاستنساخ بالطاقة. في البداية، سيستخدمون خليطا من المكونات الصناعية والطبيعية — شريط دي إن أيه صناعي يُولَج في

بويضة طبيعية – ولكنهم يستطيعون بالفعل تخليق معظم هذه المكونات اللازمة لتوفير نظام صناعي كامل، وخلال الخمسين سنة المقبلة، سيكونوا تمكنوا من تصنيع عدد من البروتينات التخليقية القابلة للحياة. أنا لا أتوقع تخليق كائنات حية بكل خصائصها باستخدام الكيمياء العضوية الحالية خلال الخمسين سنة المقبلة، ولكن ستشهد هذه الفترة إنتاج بروتينات عاملة وإنتاج أغشية خلوية قريبة من الحقيقية. وبحلول منتصف القرن،

ستكون الأجزاء الكاملة للحياة الصناعية جاهزة، وسيشهد المستقبل تجميع هذه الأجزاء. وعلى المدى الأبعد، لن تكون هناك حاجة إلى التمسك بالكربون، وسيتحقق حلم التضمين الجزئي على الأقل للسليكون والجرمانيوم في الأشياء الحية، وتوليد نوع جديد تماماً من الحياة. إن النجاح في هذا المسعى سيؤدي بلا شك وعلى نحو مبرَّر إلى طرح أسئلة أخلاقية، ولكن أي احتمال للنجاح سيكون في المستقبل البعيد جداً، بحيث لا يوجد ما يدعو حالياً إلى أخذ هذه المشكلات على محمل الجد.

وعلى الرغم من أن الكيمياء العضوية طرحت فكرة أهمية الكائنات الحية لإنتاج مركباتها، فإن بعض الجزيئات تتسم بالتعقيد لدرجة أنه لا يمكن إنتاجها إلا بواسطة الكائنات الحية. سيستخدم الكيميائيون الكائنات الحية في إنتاج مثل هذه المواد، وسينجحون في استزراعها لاستخدامها في منتجاتهم، وسيكتسب مصطلح "الكيمياء الزراعية" (Agrochemistry) أهمية جديدة. إن هذا الاستغلال للبكتيريا يجري بالفعل حاليا، ولكن أهميته ستزداد عندما تزداد فعالية الهندسة الوراثية. ولا يوجد ما يمنع استزراع البكتريا أو النباتات للحصول على جزيئات أبسط كالهيدروكربونات لاستخدامها في السيارات، والمنتجات الخام الداخلة في صناعة البتروكيماويات. ستحظى هذه التطبيقات بأهمية عظيمة في الخمسين سنة المقبلة، إذ سينفد مخزون الهيدروكربونات لدينا، وبالتالي سنضطر لإنتاج نظائر للوقود الأحفوري.

ستستند الطريقة الثالثة للتخليق، بعد الطريقة الكلاسيكية واستزراع البكتريا، على قدرة الكيميائيين على التعامل مع الذرات المفردة. لقد تمكنا بالفعل من تحريك الذرات فوق الأسطح إلى مواقع محددة مسبقا، وسيشهد المستقبل إنشاء الجزيئات ذرةً ذرة. وسيتم إنشاء بنيات فردية جديدة لا يمكنها تحمّل اضطراب الوجود العادي في الهواء أو في محلول. من الصعب أن نتخيل إمكانية استخدام هذه الطرائق على المستوى الصناعي، ولكن الصناعة تزداد تطورا، ولا يمكن استبعاد مثل هذا التكوين المخصوص للجزيئات.

يستحضر مفهوم التكوين المخصوص إمكانات التصنيع النانوي (nanofabrication) وتكنولوجيا النانو (nanotechnology) بصفة عامة. ومما لا شك فيه أن الكيمياء ستسهم

في تصنيع المكوّنات الدقيقة، وإيجاد طرق جديدة لصنع كيانات يتعين تصنيعها حاليًا من ألواح. فالهندسة الجزيئية نجحت من قبل في إنتاج نظائر للمكونات الميكانيكية على مستوى الجزيئات المفردة، وسيزداد تطور هذه البِنى مع اكتشاف الكيميائيين طرقاً لتصنيع أدوات مثل أسنان التروس والعجلات والمحاور والسيور والجسور وجميع المعدات الهندسية النانوية الأخرى. كان جميع الأنصار الأوائل لتكنولوجيا النانو يؤمنون بإمكانية تجميع الكيميائيين لنسخ ميكروسكوبية من الآلات التي تُرى بالعين المجردة، مثل عجلات جزيئية ذات مكابح قرصية جزيئية تعمل على محاور جزيئية ذات محامل كروية جزيئية. كان معظم هذه التكهنات يفترض أنه من الممكن – إلى حد كبير – تجاهل خصائص الذرات أو تعديلها حسب الرغبة، بمعنى إمكانية إضعاف القوى بين الجزيئية أو تقويتها، وإمكانية تجاهل ميلها للارتباط، إلخ. ومن المرجح أن يقوم الكيميائيون بتطوير نظائر جزيئية للآلات عادية الحجم، تراعي الخصائص الفعلية للذرات المكوِّنة لها بدلا من تجاهلها. إحدى الإمكانيات اللافتة للاهتمام تتمثل في القدرة على تعديل البكتيريا وراثيا لإخراج تروس ومكابس وزنبركات كاملة أو حتى آلات كاملة، وليس من الضروري أن يكون الإخراج عضوياً صرفاً، ولكن يمكن أن يشتمل على عناصر أخرى أيضاً.

هناك حالياً آمال كبيرة – ولكن نجاحات صغيرة – معقودة على التصنيع النانوي باستخدام أنابيب الكربون، ونيتريد البورون النانوية. لقد تم بالفعل إدخال سلاسل من الذرات في أنابيب الكربون النانوية لإنتاج أسلاك معزولة قطرها ذرة واحدة ستحسن التصنيع النانوي للكمبيوترات. وهناك احتمال كبير بأن يتم الوصول بأبعاد الكمبيوترات المتخصصة إلى حجم ذرة الغبار، ورشها مثل الهباء الجوي (aerosol). ولا ننس أن مخ النملة لا يكاد يزيد عن ذلك حجما، ولكنه يؤدي أنشطة متخصصة بشكل لافت.

ستزداد أهمية أنابيب الكربون النانوية كثيراً في البنيات عادية الحجم مثل الجسور المعلقة والقباب، فهي تبشرنا بقوة غير عادية مقارنةً بوزنها. وليس من المستبعد أن توفر لنا القباب الجيوديسية، المبنية من دعائم عبارة عن أنابيب نانوية من الكربون النقي ومكسوة بصفائح الماس الخالص، المأوى يوماً ما لحمايتنا من ممارساتنا الشريرة تجاه البيئة على هذا الكوكب، أو توفر لنا أحجبة واقية من أجل إحياء الصحارى، أو توفر لنا مستعمرات على كوكب المريخ أو حتى في الفضاء بين الكواكب. إن فترة خمسين سنةً ربما تقع ضمن النطاق الزمني الذي ستصبح فيه أنابيب الكربون النانوية منتجاً صناعياً.

لكن يجب الاعتراف بأن ثمة فهم جديد إلى حد ما للكيمياء نفسها سيبزغ خلال الخمسين

سنة المقبلة. فالموضوع ناضج تماما بالفعل، ومن المستبعد أن تكون هناك مفاجآت كثيرة فيما يتعلق بالمبادئ الأساسية. هذا لا يعني أنه يمكننا التنبؤ بثقة فيما يمكن أن يحدث في الكيمياء. فمن المفاجآت الكبيرة التي حدثت في أواخر القرن العشرين اكتشاف الفولرينات (fullerenes) - جزيء الكربون 60 كروي الشكل ونظائره، بما في ذلك أنابيب الكربون النانوية — التي كانت متوقعة، وإن كان أحد لم يحمل هذا التوقع على محمل الجد. إن الكيمياء النظرية بارعة في عقلنة الملاحظات فيما يتعلق بنظرية الكم والميكانيكا الإحصائية، ولكنها أقل براعة في التوقعات. لذا يمكننا أن نتوقع مزيداً من المفاجآت، ولكن علينا أن نثق في أن كل تلك الاكتشافات ستقع في إطار المبادئ التي نفهمها حالياً بالفعل.

هذا لا يعني أن الدراسات النظرية بلا جدوى أو أكاديمية تماماً. فاستخدام الكمبيوترات في الكيمياء له أهمية عظيمة بالفعل، وستزداد أهميته خلال الخمسين سنة المقبلة. فمع اتساع القاعدة المعرفية لهذه الأجهزة، سيزداد استخدام الكيميائيين للشبكات العصبية لتوجيهها، وستزداد إمكانية الاعتماد على تحسيب الخصائص الكلية من البنيات الجزيئية الفردية، وستصير الكمبيوترات يوما بعد يوم مستشارين معصومين من الخطأ. ويتمثل أحد تطبيقاتها المهمة حالياً في فحص المركّبات للكشف عن نشاطها الدوائي عن طريق حساب خصائص جزيئاتها، وتقييم ما إذا كانت هذه الخصائص واعدة. ويمكن لمثل هذا الفحص، مبدئياً، أن يقلل زمن تطوير العقاقير بمقدار سنوات. وهناك بالفعل عملية تحسيب متبعة على نطاق واسع حول العالم تستخدم وقت توقف الكمبيوترات المتصلة بالشبكات في العالم كله لعمل مسح للجزيئات التي يمكن أن تكون فعالة دوائيا. ومما لا شك فيه أن هذا الاستخدام للكمبيوترات سينمو، ولا سيما أن الإنجاز الافتراضي الناجح لمشروع الجينوم البشري وفّر هذه الثروة من البيانات.

سيزداد استخدام الكمبيوترات في الكيمياء لتوجيه عمليات تصنيع المركّبات الأخرى، بما في ذلك المحفزات (مواد تمكّن من استمرار تفاعلات معينة بمعدلات جيدة دون أن تُستهلَك هي نفسها). إنها بمثابة هرمونات الصناعة، وببساطة لن تتواجد الصناعة الكيميائية دونها. ويركز الجهد البحثي الكبير المبذول في معظم الصناعات البتروكيمياوية على اكتشاف وتطوير محفزات أكثر فعالية وانتقائية، وأرخص، وتدوم أكثر. وما دام تم إنتاج مواد كيميائية صناعية، ستكون هناك حاجة إلى استخدام المحفزات. كانت المحفزات الأولى، مثل كتل الحديد أو الأنسجة المصنوعة من البلاتينيوم والروديوم، تتسم ببساطة ظاهرية، ولكن المحفزات تزداد تعقيداً بشكل كبير. سيطور الكيميائيون في غضون الخمسين سنة المقبلة محفزات صلبة وأجيال جديدة من المحفزات

المتجانسة التي تذوب في السوائل، وتُحدِث تأثيراً في المحلول. وستتخذ المحفزات الصلبة - على نحو متزايد - شكل المواد دقيقة المسام، وهي مواد صلبة تتخللها أعداد كبيرة من الثقوب والأنفاق ذات الأحجام الجزيئية. والميزة الكبيرة للمواد دقيقة المسام هي أنها تقدم مساحة سطح كبيرة (فهي بالفعل سطحية تماما) وعالية الانتقائية لأنواع وأحجام الجزيئات التي يمكن أن تنفذ منها. ويزداد استخدام الكمبيوترات في اكتشاف وظائف هذه المواد وتصميم الجديد منها. وستشهد الخمسون سنة المقبلة زيادة في التصميم العقلاني لهذه المواد، واستخدامها وسيلا من المواد الجديدة الأرخص من الصناعات التي تستخدمها.

لم أذكر حتى الآن شيئا عن الجانب التقليدي من نشاط الكيمياء، وهو تحليل المواد لاكتشاف ما هو موجود. يكاد يعزى الفصل كاملا في تحسّن التحليل الكيميائي على مدار الخمسين سنة الماضية إلى تطوير ثلاث طرق. أولا: الكروماتوجرافيا (chromatography)، وفيها تتحرك المواد بمعدلات مختلفة أثناء مرورها خلال أنبوب رفيع طويل. ثانياً: قياس الكتلة الطيفي (mass spectrometry)، وفيه يتم نسف الجزيئات والتعرف عليها من خلال الشظايا الناتجة عنها. وستشهد هاتان الطريقتان اللتان تتسمان بحساسية شديدة، وغالباً ما تستخدمان معا مزيدا من التحسين بكل تأكيد لتمكينهما من التعرف على كميات أصغر وأصغر من المادة. ثالثاً: هناك مجموعة كاملة من الطرق التي تدخل في نطاق القياس الطيفي، تتضمن مراقبة امتصاص الأنواع المختلفة من الإشعاع الكهرومغناطيسي (الأشعة فوق البنفسجية والأشعة المرئية والأشعة تحت الحمراء وأشعة الميكروويف وغيرها). وأكثر طريقة مفيدة من بين هذه الطرق هي الرنين المغناطيسي النووي (NMR) التي تعد - أيضاً - أساس طرق التصوير بالرنين المغناطيسي المستخدمة بفعالية كبيرة في الطب.

لقد أثبتت طريقة الرنين المغناطيسي النووي أنها أكثر أدوات الكيمياء التي يمكن تكييفها على نحو مدهش. فقد تضمنت هذه الطريقة في الأيام الأولى من عمرها، وذلك منذ حوالي خمسين سنة، مراقبة امتصاص موجات الراديو عند قيام نواة هيدروجين بعكس توجهها (orientation) في مجال مغناطيسي قوي. ومنذ ذلك الحين، نضجت هذه الطريقة، وصارت الإلكترونيات المرتبطة بها أكثر تطورا، وتم إجبار مجموعة كاملة من ذرات الهيدروجين وأنواع الأنوية الأخرى على عكس توجهها معا. النقطة التي أريد التأكيد عليها هي تطور ونمو هذه الطريقة بشكل شبه عضوي على مدى العقود، وهناك علامات أكيدة على أنها ستشهد مزيدا من التعقيد خلال الخمسين سنة المقبلة. ويبدو أنها ستشهد مجموعة من التحسينات التي ستعمل

على إعادة إحيائها عبر إضافة مزيد من التعقيد. ومع كل زيادة في التعقيد، يستطيع الكيميائيون استخلاص مزيد من المعلومات حول الجزيئات الموجودة في العينة. وآخر النجاحات المهمة التي أحرزها الكيميائيون هو تحديد بنيات البروتينات في ظروف مشابهة لموطنها الطبيعي، وهو الأجزاء الداخلية المائية من الخلايا. وما يثبت قابلية تكييف هذه الطريقة خضوعها للفحص كوسيلة للتمكين من بناء كمبيوترات كَمِّية. من يدري؟ في مرحلة ما في المستقبل، عندما يتحقق التحسيب الكَمّي (quantum computing)، يمكن أن يبدأ مقياس طيف الرنين المغناطيسي النووي (NMR spectrometer) بالتفكير في الجزيئات التي يفحصها!

تعنى الكيمياء بالبنية فضلاً عن التركيب، ويسعى الكيميائيون لفهم خصائص الجزيئات من حيث أشكالها وأحجامها بالإضافة إلى ترتيب ذراتها، وبالتالي يمكنهم تتبع العديد من خصائص الماء حتى بلوغ حقيقة أن جزيئاته على شكل حرف (V)، ويسعون إلى فهم خصائص البروتينات من حيث شكل جزيئاتها الحلزوني واللولبي. وهنا أيضا توجد مشكلات نظرية وتجريبية، ولكن من المتوقع أن نتوصل إلى حلول لها خلال الخمسين سنة المقبلة.

هناك مشكلة نظرية تجذب حالياً اهتماماً كبيراً، تأخذ بالحسبان تسلسل الأحماض الأمينية الذي يكوّن سلسلة عديد الببتيد (أيْ العمود الفقري لجزيء البروتين)، فما الشكل الذي تتخذه السلسلة في بيئتها الطبيعية؟ هذا سؤال حاسم في البيولوجيا الجزيئية؛ لأن شكل جزيء البروتين يحدّد وظيفته فعلا. وبغض النظر عن المعلومات المثيرة التي تأتي من عزو التركيب إلى الوظيفة، فإن تحديد الوظيفة يمكن أن ينظر إليه كعنصر أساسي في مشروع الجينوم البشري، الذي نقوم فيه بعزو المعلومات الكائنة في الدي إن أيه إلى البروتينات التي يشفرها، ثم إلى الوظائف التي تمارسها هذه البروتينات بفضل تركيبتها وشكلها. إحدى طرق حل مشكلة طيّ البروتين (protein-folding problem) - كما يطلق عليها - حاسوبية، ولكننا نحتاج إلى كمبيوترات ذات قدرة هائلة لتحليل الالتواءات التي يمكن أن تحدث في سلسلة عديد الببتيد الطويلة. بدأت هذه المشكلة تتراجع ببطء، ويمكن أن نتوقع أن تحتل قدرا كبيرا من اهتمام الكيمياء، وتجذب عدداً كبيراً من الكيميائيين خلال العقود المقبلة. فلا فائدة من تصنيع سلسلة عديد ببتيد — وهي مهمة سهلة — إذا لم تأخذ الشكل الصحيح المناسب لأداء الوظيفة المنوطة بها.

لقد تم حلّ المشكلة التجريبية المتعلقة بتحديد الشكل بصورة كبيرة باستخدام حيود الأشعة السينية (X-ray diffraction). هذه الطريقة عمرها الآن قرن من الزمن، وقد بلغت أوجها المؤقت في منتصف القرن العشرين مع تحديد بنية الدي إن أيه وعدد من البروتينات المهمة مثل الليزوزيم، والإنسولين، والهيموجلوبين. إن التقدم الذي حدث أخيراً في هذه الطريقة، والذي

يبشر بأن تكون أساس تطويرها خلال العقود المقبلة، تتمثل في استخدام مصادر أشعة سينية مكثفة جدا كتلك التي يتم الحصول عليها من السينكروترونات (synchrotrons)، وهي أجهزة ضخمة لتسريع الحركة الدائرية للإلكترونات، مما يؤدي إلى توليد أشعة سينية أثناء تغييرها لاتجاهها. السينكروترونات منشآت وطنية، يتم استخدامها في مجموعة من المراكز حول العالم، وتمكّن الأشعة السينية عالية الكثافة التي تنتجها هذه الأجهزة من الحصول على أنماط حيود الأشعة السينية بسرعة كبيرة جدا وبمزيد من التفاصيل. وسوف نبدأ في تحديد بنيات الجزيئات في المحلول، بل ومراقبة التفاعلات أثناء حدوثها.

التخليق والتحليل والتركيب ثلاثة عناصر أساسية من عناصر الكيمياء، وقد تطرقنا إليها جميعاً. وأخيرا هناك التفاعل، وهو العملية الفعلية التي يتم بواسطتها تغيير مادة إلى أخرى. حدث مؤخرا تقدم في القياس الطيفي معتمدا على استخدام أشعة الليزر النبضية، الأمر الذي ساعد الكيميائيين على فحص أحداث التفاعل في إطارات زمنية تقاس بوحدة الفمتو ثانية (10-15 ثانية، أو واحد على ألف تريليون من الثانية). وفي هذا الإطار الزمني، بالكاد تتحرك إحدى الذرات. ولم يتم حتى الآن سوى فحص تفاعلات بسيطة جداً في هذا الإطار الزمني القصير، ولكن من الممكن تصور حدوث تطورات في الطريقة التي يمكن بها فحص تفاعلات حقيقية، بل وربما التفاعلات التي يتم تحفيزها بواسطة الإنزيمات. عندئذ سيكون لدينا أفلام ترصد التفاعلات التي تحدث الآن لقطة لقطة، وتمكننا من مشاهدة الذرات والجزيئات في أكثر لحظات وجودها حميمة، مما يمكننا أخيراً من الحصول على صورة حقيقية وعميقة لأشكال المادة التي نتعامل معها بطرائقنا السحرية.

بيتر أتكينز (Peter Atkins): أستاذ الكيمياء بجامعة أكسفورد وزميل كلية لنكولن. تتركز أبحاثه في مجال الكيمياء النظرية، وتحديدا الرنين المغناطيسي والخواص الكهرومغناطيسية للجزيئات. يكاد يمضي كل وقته حالياً في الكتابة، إذ صدرت له عدة مؤلفات منها "الكيمياء العامة" (General Chemistry)، و"الكيمياء الفيزيائية" (Physical Chemistry)، و"الكيمياء غير العضوية" (Inorganic Chemistry)، و"ميكانيكا الكم الجزيئية" (Molecular Quantum Mechanics)، و"الكَمّ" (Quanta)، و"مفاهيم الكيمياء الفيزيائية" (Concepts of Physical Chemistry). كما صدرت له كتب لعامة الجمهور مثل "الجزيئات" (Molecules)، و"القانون الثاني" (The Second Law)، و"الذرات والإلكترونات والتغيير" (Atoms، Electrons، and Change)، وأحدثها "المملكة الدورية" (The Periodic Kingdom).

روجر سي. شانك

هل سنزداد ذكاءً؟

هل الذكاء مطلق؟ هل يزيد ذكاء الجنس البشري بمرور الوقت؟ يتوقف هذا بكل تأكيد على ما نعنيه بكلمة «ذكاء». لا شك أن معارفنا تزداد، أو تبدو كذلك على الأقل. وعلى الرغم من توفر إمكانية وصول الطفل العادي إلى ثروة من المعلومات، تزيد بكثير عن تلك التي كانت متوفرة للأطفال منذ خمسين سنة، إلاّ أن هناك أشخاص يزعمون أن أطفالنا أقل تعليماً مما كان عليه الحال منذ خمسين سنة، وأن مدارس اليوم خيّبت آمالنا.

لا تحتل اليوم الأسئلة التي تدور حول معنى الذكاء والتعليم مركزا مهما في دائرة البحث العلمي، ولا حتى في دائرة الحوار العام. ولا نزال نعيش حياتنا وفقا لأفكارنا المفهومة ضمنيا عن الذكاء والتعليم، التي ستواجه تحدّياً خطيراً خلال الخمسين سنة المقبلة.

منذ حوالي عشر سنوات، طُلِب مني الانضمام إلى هيئة تحرير الموسوعة البريطانية (Encyclopedia Britannica)، وكان معظم الأعضاء الآخرين ممن تخطو الثمانين، ومن المتخصصين في الإنسانيات. ونظراً لأنني كنت عالماً وأصغر سناً من الآخرين، كانوا يصوبون إليّ نظرات غريبة كلما تكلمت. وعندما سألتُ أعضاء الهيئة إنْ كان يسرهم وضع موسوعة يزيد حجمها عشر مرات عن الموسوعة الحالية دون تكلفة إضافية، كانت إجابتهم بالنفي؛ لأن الموسوعة الحالية تحتوي على قدرٍ مناسب من المعلومات. قلت لهم إنهم سيخرجون من المنافسة في غضون عشر سنوات إذا كان ذلك هو اعتقادهم. لم يكن لديهم فكرة عما أرمي إليه، على الرغم من محاولتي شرح ظهور ما يُطلق عليه الآن اسم الشبكة العالمية (World Wide Web). وفي اجتماع لاحق، وبعد أن استمعوا مني لتأكيدات مشابهة حول المستقبل، رد كليفتون فاديمان (Clifton Fadiman)، وهو أديب كبير من زمن الأربعينيات، قائلا: «أظن أن علينا جميعا أن نقبل حقيقة

أن عقليات أقل تعليما من عقلياتنا سرعان ما ستكون مسؤولة عن مؤسسات مثل هذه الموسوعة».

كان رئيس هيئة الموسوعة البريطانية في ذلك الوقت الراحل مورتيمر أدلر (Mortimer Adler)، الذي كان - أيضاً - مسؤولاً عن سلسلة بعنوان «أعظم كتب العالم الغربي» (The Great Books of the Western World)، تُباع كمجموعة، وتضم – بحسب أدلر وزملائه على أية حال – جميع ما كتب من أعمال عظيمة تحوي درر الحكمة في العالم، وهي - في الغالب - كتب أُلّفت قبل القرن العشرين. سألتُ أدلر إن كان يرى إمكانية تضمين بعض الكتب الجديدة، فردّ عليّ بأن معظم الأفكار المهمة قد دُونت من قبل.

عمّ الرأيُ القائل بأن جميع الأفكار العظيمة تم بالفعل التوصل إلي نظرةَ الأمريكيين إلى التعليم والذكاء لفترة طويلة. وإليك شروط القبول بجامعة هارفارد سنة 1745:

عندما يستطيع أي طالب أن يقرأ لـ"تولي" (Tully) أو لغيره من المؤلفين اللاتينيين الكلاسيكيين المعاصرين له، ويكتب ويقرأ الشعر والنثر اللاتينيين الحقيقيين بنفسه، ويتجنب تماماً المفردات اليونانية، يجوز قبوله في الجامعة، ولن يُقبل من لا يستوفي هذه الشروط.

القاسم المشترك بين سلسلة "أعظم الكتب" وهارفارد سنة 1745 افتراض أن دراسة الإنسان وسلوكياته تم بلوغ الغاية فيها في العصور القديمة، وبالتالي يقتضي منك التعليم أن يكون لديك اطلاع جيد على أفكار من سبقوك، ومستوعباً لها. والشخص المتعلم من هذا المنطلق هو القادر على مناقشة مجموعة مختلفة من الموضوعات التاريخية والفلسفية والأدبية بناء على معرفة واسعة. فخلال القرن الماضي وقرون عديدة قبله، كونك متعلماً - وبالتالي ذكيا – يعني تراكم المعلومات، والقدرة على الاستشهاد بأفكار الآخرين، وكونك على علم ودراية بأفكار معينة. كان التعليم يعني تراكم المعلومات، وكان الذكاء غالبا يعني القدرة على إظهار ما تراكم لدى المرء من معلومات.

ولكن ماذا يحدث عندما تكون المعلومات في الجدران؟!

بعد خمسين سنة من الآن، سيصبح من السهل جدا الحصول على المعلومات بحيث يستطيع المرء أن يطرح سؤاله بصوت مرتفع، ليسمع رداً فورياً يأتي إليه من الجدران، المدعمة بقدر كبير من التكنولوجيا. فمعرفة ما كتبه فرويد حول الأنا الأعلى لن يعني شيئا كثيرا عندما تستطيع الالتفات إلى أقرب جهاز وسؤاله عمّا قاله فرويد في مسألة ما، لتسمع فرويد (أو شخص يشبهه كثيرا في شكله وصوته) يجيبك ويذكر لك خمسة من قادة الفكر المعارضين من مختلف العصور على استعداد لعرض أفكار بديلة إذا كنت تريد الاستماع إليها ومناقشتها معهم.

ولكن هل الذكاء يعني مجرد القدرة على أن تكون مطلعا على أجوبة أسئلتك، أم القدرة على معرفة الأسئلة التي ينبغي طرحها؟ فكلما قلّت قيمة الأجوبة، زادت قيمة الأسئلة. لقد عشنا لفترة طويلة جدا في مجتمع قائم على الإجابات. وعلامات ذلك في كل مكان .. في برامج التليفزيون التي يشاهدها الناس، مثل برنامجي «الخطر» (Jeopardy) و"من سيربح المليوني؟" (Who Wants to Be a Millionaire?)؛ وفي الألعاب التي يمارسونها مثل "تريفيال برسيوت" (Trivial Pursuit)، وأهم من كل ذلك في المدرسة، إذ تحتل الإجابات أهمية عظمى. فالاختبارات هي الشغل الشاغل لمدارسنا بحيث صارت المدرسة نظاما لتعلّم الإجابات، لا لتعلّم حب الاستطلاع والتقصي.

ستعمل التكنولوجيا الجديدة على تغيير ذلك كله. فعندما ظهرت حاسبة الجيب، تساءل الناس عمّ إذا كان من الممكن استخدامها في اختبارات الرياضيات، لأنها ستصبح متوافرة دوماً. ونتيجة لذلك، بدأت اختبارات الرياضيات تركز على الموضوعات الواقعية المهمة بدلاً من القسمة المطولة. سيحدث استخدام الذكاء الصناعي في الأجهزة اليومية التأثير نفسه. فمع انتشار الآلات وقدرتها على الإجابة عن الأسئلة التي تدور حول كل ما يهمنا، ستتراجع قيمة الشخص باعتبارها بنكا للمعلومات. إن المفهوم القديم للمدرسة – التي ترتكز على الفكرة القائلة بأن الشخص الأكثر علماً في المدينة لديه معلومات يمكنه تلقينها وعلى البقية الجلوس واستظهار هذه المعلومات – سيفسح الطريق لمفاهيم جديدة لاكتساب المعرفة. لن يُنظر إلى المعرفة بعد اليوم كسلعة تمتلك. فأي شيء يُقتنى بسهولة تقل قيمته في المجتمع، والشيء نفسه سينطبق على المعرفة.

أما ما سيحظى بقيمة كبيرة فهو الأسئلة الجيدة. وسنسمع الناس يقولون: هذا أقصى ما يمكن للكمبيوتر أن يأخذكم إليه.

تخيل ما يلي: أنت في غرفة المعيشة في بيتك تتحدث مع شريك حياتك، فتثور مسألة بينكما فتلتفت إلى الجدار طلباً للإجابة، متسائلاً: "من كان على صواب؟". فيرد الجدار بقوله إن لديه مجموعة من الأشخاص الافتراضيين يمكنهم الاشتراك في الحوار. فتختار بعض الشخصيات التي سمعت عنها أو تحاورت معها من قبل، وهنا تبدأ مناقشة مفعمة بالحيوية. وأخيراً، يصل الكمبيوتر إلى أقصى ما يعرفه في هذا الموضوع، ولا تعود الجدران تعرف أي شيء ذا صلة به. فتتعجب: "هذا إذن سؤال مثير!" إن معرفتك سؤالا جيد تجعلك جاهزا للدخول في مناقشة مع بشر أحياء آخرين لديهم اهتمام بأسئلة مشابهة. تقول هذا السؤال للجدران، وفجأة يحضر الأشخاص المهتمون بالأسئلة ذاتها ممن استنفدوا قدرات البرامج على النحو ذاته إلى غرفة

معيشتك (افتراضياً). في عالم تتوافر فيه هذه الإمكانات، ماذا يعني أن تكون متعلماً؟ ماذا يعني أن تكون ذكياً؟

للتفكير في الجزء المتعلق بالتعليم من هذا السؤال، علينا أن نتساءل عما ستكون عليه حياة الأطفال في مثل ذلك العالَم. بعد خمسين سنة، سيكون الإقبال على المدارس كما نعرفه الآن قد تقلص. لماذا نذهب إلى المدرسة لنتلقى المعلومات بينما الخبرات الافتراضية متوفرة بسهولة، بالإضافة إلى توفر أفضل المدرسين افتراضياً في أي لحظة؟ إن التعليم - حتى من سنّ الثانية - سيبقى استكشاف العوالم محل الاهتمام مع توفر مرشدين أذكياء يجيبون على أسئلتك، ويطرحون عليك المزيد من الأسئلة الجديدة. وسينفتح عالَم بعد عالم أمام الطفل المحب للاستطلاع. سيكون شأنُ التعليم في مثل هذا المجتمع ماهيةَ العوالم الافتراضية - ولاحقا العوالم الحقيقية - التي وَلَجتها وما تعلمت فعله في تلك العوالم.

أما ملحوظة فاديمان السابقة فكان ردي عليها أن العقليات لن تكون أقل تعليما، ولكنه تعليم مختلف. في عالَم كليفتون فاديمان، كان صاحب العقلية المتعلمة شخصا درس في هارفارد (أو ما يكافئها) ومطلع على أهم المفاهيم في الفكر الغربي. لم تتضمن فكرته عن التعليم، على سبيل المثال، القدرة على البرمجة بلغة جافا، أو فهم أساسيات العلوم العصبية. فبعد خمسين سنة، ستبقى هارفارد، ولكن قيمة موافقتها على التحاق أحد الطلبة بها ستتغير تغيراً جذرياً.

إن التعليم، في معناه العميق، كان يعني دوما العمل لا المعرفة. وقد بيّن كثير من العلماء هذا المعنى على مدار السنين، بدءا من أرسطو (الذي قال: "بالنسبة للأشياء التي يجب أن نتعلمها قبل القيام بها، فإننا نتعلمها من خلال القيام بها")، ومرورا بجاليليو (الذي قال: "لا يمكنك أن تعلّم المرء أي شيء. يمكنك فقط مساعدته على اكتشاف ذلك الشيء بنفسه")، وانتهاءً بأيه. إس. نيل (A. S. Neill) (الذي قال: "أسمع فأنسى، وأشاهد فأتذكر، وأفعل فأفهم"، وأينشتين (الذي قال: "التجربة هي المصدر الوحيد للمعرفة"). وعلى الرغم من ذلك، تجاهلت المدارس هذه الحكمة وقررت - وفقا لكلمات جون ديوي (John Dewey) - "التعليم بالتلقين".

إن المدارس الافتراضية التي ستنشأ، لتحل محل المؤسسات الحالية، ستجذب الطلبة بسبب ما ستمنحه لهم من خبرات أكثر منه بسبب ما ستمنحه لهم من شهادات. ونظرا لتوفر هذه الخبرات التي يتلقاها الشخص عندما يقرر أن يتعلّم، فإن معظم الطلبة سيلتحقون بالكليات قبل بلوغ الثامنة عشرة بفترة طويلة. سيشجعنا النجاح في الخبرات الافتراضية المختلفة على التعامل مع الجديد منها، كما هو الحال في الألعاب الإلكترونية اليوم. وستهتم المؤسسات التعليمية بما

تستطيع عمله بشارات الاستحقاق الافتراضية التي حصلت عليها أكثر من اهتمامها بالمقررات التي درّستها.

سيوجد كل مجال خبرات في تخصصه. فبدلاً من تقديم هارفارد أو كولومبيا دورات دراسية في الفيزياء، سيعمل الفيزيائيون من جميع أنحاء العالم مع مصممي عالم التعليم الافتراضي الذين يصنعون برنامجا لإيجاد خبرات في الفيزياء، على أن يتم توفيرها للجميع. ستتحول الفكرة القديمة القائلة بأن الأكثر ذكاء هم من حصلوا على أعلى الدرجات من مدارس اختبرتهم، لترى مدى إجادتهم لما تعلموه من دروس إلى فكرة مفادها أن أذكى الطلاب هم من يطرحون أسئلة على البرنامج يتعين إرسالها إلى البشر بحثا عن إجابات لها. وسيعني الذكاء القدرة على بلوغ حدود خبرة تعليمية.

هل سنصبح كمجتمع أكثر ذكاء بفضل كل هذه الابتكارات؟ بالنسبة للقدرة الأساسية على التفكير، نجد الناس اليوم على مستوى الذكاء نفسه الذي كانوا عليه قديماً وسيظلون عليه. ولكن ساكن الكهوف الذكي، الذي كانت لديه حكمة ومعرفة محدودة بالعالم بلغته عبر الزمن، لم يكن بوسعه العمل إلا في نطاق الأدوات التي عرفها. ربما كان بذكاء الإغريق الذين جاؤوا بعده ويفهم طبيعة البشر ومؤسساتهم كما فهموها. ولكنه بالمعنى المطلق لم يكن ذكياً جداً؛ لأنه كان هناك الكثير من الخبرات التي لم يمر بها.

يصدق الشيء ذاته على نظرتنا للإغريق بالطبع. فأرسطو يبدو لنا ذكيا لأنه عالج موضوعات مازلنا نتعامل معها حتى اليوم، وقد كانت له رؤى متبصرة في هذه الموضوعات. ولكن يمكن أن يكون أرسطو. أيضاً ـ مُضْحِكاً بالنسبة لنا في سذاجته عندما يعالج موضوعات له خبرة ضئيلة بها ولنا باع طويل فيها. فكل جيل يحسّن الخبرات التي ينقلها إلى الجيل اللاحق. ولكن ستحدث قفزة كبيرة في هذا الصدد في الجيل القادم. وحقيقة مازال لدينا مدرّسون وفصول وكتب مدرسية ستتكون مُضْحِكة بعد خمسين سنة. وسينظر الناس إلى الوراء، ويتساءلون عن سبب استغراقنا وقتاً طويلاً كي نغير فكرتنا عن التعليم، أو سبب اعتقادنا أهمية الدرجات التي يحرزها الطالب في امتحان القدرات (SAT)، أو سبب اعتقادنا أن استظهار الإجابات علامة على الذكاء على أية حال. إن فكرة أن التعليم قائمة على تلقين من الدولة – وهي الفكرة التي أعلنت بجرأة في القرن الثامن عشر، ولا يُعترف بها اليوم إلا قليلاً – ستبدو مرعبة. سيصبح تحكم الحكومة في المعلومات – وهو الأمر الذي مازال شائعا في بعض الدول، ومازال محتملا في الدول غير القادرة على الاستفادة من الكمبيوتر – فكرة قديمة. ستتوفر كثير من الخبرات بكل سهولة وبدون تكلفة، إذ لن يحرم أي شخص من تجربة أي شيء. وستضطر الحكومات إلى التخلي حتى عن

تصور أن لها دورا في مجال التعليم، الذي تسيطر عليه اليوم، وستعجز عن التحكم في الانتشار الواسع للخبرات الافتراضية مثل فشلها في التحكم في التلفزيون واستخدام الكمبيوتر في دولة تلو الأخرى الآن.

في الخمسين سنة المقبلة سنبدأ بفهم أن الخبرة وقدرة المرء على توسيع نطاقها هي المقياس النهائي للذكاء والحرية. سيصبح خلق الخبرة الافتراضية صناعة كبيرة، وستتحكم مثل هذه الخبرات في منازلنا، وستحل محل مدارسنا. وما نراه اليوم في الألعاب الإلكترونية وأفلام الخيال العلمي سيكون واقعنا الذي نعيشه. إن ألعابا مثل "إفركويست" (Everquest) تجذب اليوم مئات الآلاف من اللاعبين الذين يسكنون عوالم افتراضية في محاولةٍ منهم لنيل المكانة، وتكوين علاقات والوصول إلى أهداف افتراضية مختلفة. هذه الألعاب حقيقية للغاية بالنسبة للمشاركين فيها لدرجة أن الأشياء الافتراضية التي يستخدمونها تعرض للبيع - بأسعار باهظة - على موقع إي-باي (e-Bay). وكثير من ممارسي هذه الألعاب لديهم حياة اجتماعية مبنية عليها بأكملها. وفي المستقبل، ستصبح هذه العوالم أكثر تطورا وتعقيدا، بل وأكثر تداخلا مع العالم الحقيقي.

سنتمكن فعلاً من الذهاب أينما نشاءُ في أي يوم، وكل ما سيطرح من أسئلة بشأننا سيّكون أين كنا وما الخبرات التي مررنا بها. سنبحث عمّن هم أكثر منّا خبرةً في العوالم الافتراضية، وسبقونا في الوصول إليها. سندرك أن العاملين اللذين يتضمنهما أي مقياس حقيقي للذكاء هما الأسئلة التي تبقى دون إجابة، والقادرون على التفكير النقدي في هذه الأسئلة. بالطبع هذه الفكرة الأخيرة مفهومة جيداً في الجامعات اليوم، ولكنها لا تلقى تقديراً حقيقياً على صعيدي الأعمال أو الحكومة. فالساسة يريدون آراءً بسيطة، والمدرسون يريدون إجابات صحيحة، والأعمال تريد حلولاً، والرأسماليون المغامرون يريدون أرباحاً، والإعلام يريد مسلسلات درامية وطنية، والمؤسسات التعليمية تريد درجات. من يُعدّون أذكياء في أحد تلك المجتمعات هم من نجحوا في إمداده بما يريد. ومن منطلق مثل هذه الرؤية — رؤية العرض والطلب للمعرفة والذكاء — سنجد أن كليفتون فاديمان نفسه سيشعر أنه متجاهَل. ومع ذلك فإنه وأبناء جيله يمكنهم اعتبار أنفسهم فوق كل هذا والحديث عن "أعظم الكتب".

طُلب مني ذات مرة استعراض بعض المحاضرات الفنية وكيفية تدريسها للطلبة. في إحدى الحصص المخصصة للطهاة المستقبليين، كان كل منهم لديه أدوات الطهي الخاصة به، مشغول بإعداد الطعام. كل ما أمكنني قوله إنه لم يكن لدي إضافات ذات بال. فقد كانت المَدرسة تعلم الطلبة فعل الأشياء من خلال الممارسة. وعلى الرغم أن هذه ليست فكرة راديكالية في المدارس

الفنية، فإنها كذلك في مؤسسات التعليم العالي لدينا. فمع توافر الأدوات المتاحة للممارسة العملية، تصبح الممارسة العملية هي الأهم. ففي جامعة كارنيجي ميلون (Carnegie Mellon)، حيث أعمل، يتعين على الطلاب الجدد تجميع الكمبيوترات الخاصة بهم بمجرد وصولهم إلى حرم الجامعة، واستخدامها في السنوات الأربع التالية. ويمكنك التيقن من فهمهم لكيفية عمل الكمبيوتر بمجرد أن يجمّعوه بأنفسهم.

إن ما يمكننا فعله، ليس ما نعرفه، بل هو ما سيكون ذا أهمية في نظام تعليميّ قائم على بيئات الأداء الواقعي. ستدور القضايا الفكرية المهمة حول أسئلة ستنشأ من طبيعة تفاعلات الطلاب في العالم التعليمي الافتراضي.

عندما تطالب البيئات التعليمية بأسئلة، وتسأل عن كيفية الحصول عليها، وتطلب معرفة الخبرات التي تولدت عنها تلك الأسئلة، عندها سيكون التغيير العميق الذي أحدثه الكمبيوتر قد تحقق. سنصبح أكثر ذكاءً، بل وأكثر ذكاءً بكثير، بمعنى أننا لن نخشى أي خبرات جديدة. سنعرف كيف نجد هذه الخبرات، وتنبثق منها. ستكون عقولنا متعلمة بطريقة مختلفة، ولن يسيطر على عالمنا الفكري الإنسانيون ولا العلماء، بل التجريبيون الذين كانوا هناك وأصبح لديهم حب استطلاع نتيجة لذلك.

روجر سي. شانك (Roger C. Schank): باحث رائد في مجال الذكاء الصناعي، ورئيس مجلس إدارة شركة كوجنيتف آرتس ومدير التكنولوجيا فيها، وأستاذ بكلية علوم الكمبيوتر بجامعة كارنيجي ميلون. شغل سابقا منصب مدير معهد علوم التعلّم بجامعة نورث ويسترن، وهو حاليا أستاذ فخري بها. ألّف «الذاكرة الديناميكية: نظرية التعلم عند الكمبيوتر والناس» (Dynamic Memory: A Theory of Learning in Computers and People)، و"احك لي قصة: نظرة جديدة إلى الذاكرة الحقيقية والصناعية" (Tell Me a Story: A New Look at Real and Artificial Memory)، و"دليل الخبير إلى العقل" (The Connoisseur's Guide to the Mind)، و"التعلّم الافتراضي: طريقة ثورية لبناء قوة عاملة عالية المهارة" (Virtual Learning: A Revolutionary Approach to Building a Highly Skilled Workforce)، و"التلوين خارج الخطوط: تربية طفل أذكى عن طريق كسر كل القواعد" (Coloring Outside the Lines: Raising a Smarter Kid by Breaking All the Rules)، و"تصميم تعلّم إلكتروني على الطراز العالمي" (Designing World Class E-Learning).

جارون لانير

سقف التعقيد

اتسمت الخمسون سنة الأولى من التحسيب العام (general computation) - وهي الفترة التي شكّلت النصف الثاني من القرن العشرين تقريبا - بالتأرجح المفرط بين المبالغة الطائشة وشبه الشلل المحيّر. بدأت ممارسة المبالغة على يد مؤسسي علم الكمبيوتر، إذ تساءل ألان تورينج (Alan Turing) عمّ إذا كان يمكن للآلات، وبالتحديد «آلاته الكلية» (universal machine) المجردة، أن تصبح في النهاية أندادا افتراضية للبشر. وبطريقة مماثلة، عرّف كلود شانون (Claude Shannon) مصطلح «معلومات» (information) بأنه ذو سعة مطلقة تغطي كل العمليات الديناميكية الحرارية.

يمكن للمرء ـ أيضاً ـ أن يدعي أن أي جهاز كيميائي يمكن فهمه على أنه نسخة وليدة من شخص ما؛ لأن الحياة كلها مؤلفة من تفاعلات كيميائية. والسبب في عدم التصريح بهذا الادعاء هو وضوح الفرق في مدى التعقيد بين كيمياء الأشياء الحية وما يمكن دراسته في معامل الكيمياء المعاصرة، ونحن لدينا معرفة حدسية بهذا الفرق. وفي المقابل، ليس لدينا معرفة حدسية واضحة بشأن الفروق في مستوى التعقيد (complexity) بين مختلف أنواع نظم المعلومات. كانت هناك مجموعة من الباحثين الجادين الأذكياء الذين يصفون أنفسهم بأنهم يدرسون "الذكاء الصناعي"، وكان هؤلاء يعتقدون - في بعض الحالات التي تعود إلى أواخر خمسينيات القرن العشرين - أن الكمبيوترات سرعان ما ستتمكن من نطق اللغة الطبيعية بطلاقة، وهو ما لم يحدث حتى الآن بالطبع، ومازلنا نفتقر إلى المعرفة الحَدْسية بشأن حجم مشكلة فهم اللغات الطبيعية أو طول المدة التي سيستغرقها حلها.

وتستمر ممارسة المبالغة، بل ومن الشائع أن تجد أعضاء بأقسام علوم الكمبيوتر المرموقة

يؤمنون بـ "التفردية" (singularity) الحتمية المتوقعة في وقت ما خلال نصف القرن المقبل. ستحدث هذه التفردية عندما تصبح الكمبيوترات أكثر حكمة وقوة بحيث لا تحل محل البشر باعتبارها صورة الحياة السائدة فحسب، بل تحقق السيطرة على المادة والطاقة، لتعيش بطريقة يمكن أن توصف بأنها أسطورية أو إلهية، يعجز العقل البشري - تماماً - عن تخيلها. وبينما تبدو لي العبارة السابقة غريبةً حتى في كتابتها، فإنها تعدّ وصفا دقيقا لمعتقدات كثيرين من زملائي.

سيلاحظ بعض القراء أنني اتُّهمت بمبالغة شبيهة فيما يتعلق بمصطلح "الواقع الافتراضي" (virtual reality)، ولكن الشيء الذي غالباً ما يُساء فهمه هو أن هدف الواقع الافتراضي ليس وصف وإعادة إنتاج الواقع المادي (physical reality) بشكل كامل (وهو مشروع يمكن تماماً أن يكون مستحيلاً) بل فهم الإدراك البشري فهماً جيداً، يكفي لإشراك الجهاز العصبي البشري في لعبةِ توهم تطورية. الواقع الافتراضي هو - أساساً - الدراسة العلمية لحدود سِحْر المسرح لا لنقص الواقعِ المادي.

صاحب موكبَ المبالغات الخيالية بشأن قوة الكمبيوتر النظريةِ سلسلةٌ مُذلّة لا نهاية لها من خيبات الأمل في أداء نظم المعلومات الحقيقية. فالكمبيوترات هي المنتجات الصناعية الوحيدة التي يُتوقع فشلها كثيرا، وبشكل لا يمكن التنبؤ به، أثناء التشغيل العادي. إن إساءة تقدير نفقات صيانة نظم المعلومات أمر شبه دائم، بل ويمكن أن يُوصف بأنه من سمات الأعمال المعاصرة.

البرامج، على وجه التحديد، هي التي يستحيل فيما يبدو السيطرة عليها، لتكون بسعر يمكن التنبؤ به، ليس كل البرامج بل أنواع معينة منها. أما العتاد (hardware) فيصير أصغر وأسرع وأرخص، وذلك باستمرار وبالمعدل الأسّي المعروف باسم قانون مور (Moore's Law)، وهذا النجاح المثير هو الذي يُذكي المبالغات الحماسية. إن البرامج في النظم المغلقة، ذات الواجهات الصغيرة والثابتة بما يكفي لتحديد مواصفاتها، يمكن تصنيعها بشكل موثوق، ولكن ليس بثمن رخيص. ومثال هذا النوع من البرامج الكود الذي يشغل الطائرات الحديثة مثل الأيرباص. أما البرامج التي لا يمكن التحكم فيها فلها واجهة معقدة ومتغيرة بحسب محيطها. مثال ذلك برنامج الكمبيوتر الشخصي، الذي يتسم بانفلات سيء السمعة. ومن المهم ألا نخلط هذين النوعين من البرامج. شهدت نهاية القرن العشرين انتشار حالة غريبة من "البارانويا" خوفا من أن تتسبب مشكلة سنة 2000 (Y2K) في أعطال شاملة، وهو ما لم يحدث، والسبب أن أكثر برامج البنية التحتية من النوع الذي يمكن التحكم فيه وإن كان بتكلفة هائلة.

أحد الاحتمالات المتوقعة على مدى الخمسين سنة المقبلة في علم الكمبيوتر هو - وببساطة

- استمرار الاتجاهين ذاتهما من مبالغة في الإمكانيات وإساءة لتقدير التكاليف، وهو سيناريو يمكننا تسميته "كوكب مكاتب المساعدة" الذي يشتغل فيه الجنس البشري إلى حد كبير بصيانة نظم البرامج الكبيرة جدا. وهو احتمال ليس مكروهاً بالمطلق؛ إذ سيُبقي على استخدام البشر بشكل يعود عليهم بالربح. ولكن هذا المستقبل القاتم ليس حتمياً، والأمر يستحق منا أن نتخيل مرحلة جديدة من علوم الكمبيوتر توفر إمكانيات جديدة جداً.

كبداية، يجب أن تعود علوم الكمبيوتر إلى أصولها، وتعيد النظر في علاقة المعلومات بالعمليات الفيزيائية. حقق كلود شانون قفزة فكرية ذكية عندما ربط بِتّات (bit) قابلة للقياس بإنتروبيا نظام فيزيائي، ولكن هذه الصيغة مضللة وهي بمعزل. فلا يمكننا عملياً قياس كل البتّات، ولذا فإن بعض البتّات أهم من غيرها. معظم البتّات القابلة للقياس في نظام فيزيائي تضيع فعلا في خضم التوزيعات الإحصائية. ثمة مبالغة شائعة في أواخر القرن العشرين كانت تقول إن رفرفة من جناحي فراشة يمكن أن تكون سببا في هبوب عاصفة رعدية بعد أسابيع على الجانب الآخر من الأرض. من مشكلات هذه الفكرة أنها – وإن صحت أحيانا – لا تجد من العواصف ما يكفي لتبرير وجود العدد الكبير من الفراشات. يمكن القول بأن البتات القابلة للقياس بها "كمونات سببية" مختلفة (causal potential). ربما يجب إعادة تسمية معلومات شانون باسم "المعلومات الكامنة". لكي يكون أيّ بتّ مهما - بمعنى أن يكون به كمون سببي كبير – لا بد من قراءته، ولابد أن يكون جزءا مهما من أحد النظم. وهذا ينقلنا إلى ما يُسمى أحيانا بـ"علم الدلالة" (semantics)، أو السياق الذي يمكن أن يكون فيه التحسيب ذا مغزى.

دائماً ما كانت هناك مشكلة مراقب (observer problem) في علوم الكمبيوتر، وإن كان لا يُعترف بها إلا أحياناً. إحدى طرق عرض هذه المشكلة هي أن تتأمل جنسا غريبا (alien)، ليس لديه أي معلومة عن لغة الإنسان أو تاريخه أو ثقافته. لن يكون بمقدور هؤلاء الغرباء أن يعيدوا – على نحو موثوق - تصوّر معنى ووظيفة الكمبيوتر الشخصي – مثلا - بشكل منفصل أكثر من قدرتهم على إعادة تصوّر طبعة منفردة لشكسبير عائمة في الفراغ بين النجوم.

هذه ليست قضية نظرية بعيدة، بل قضية عملية حالية. وبما أن تعقيد البرامج محدود حاليا بقدرة المهندسين البشريين على تحليلها وإدارتها بشكل واضح، يمكن القول بأننا وصلنا بالفعل إلى سقف تعقيد البرامج كما نعرفها. وإذا لم نجد طريقة أخرى للتفكير في البرامج وصنعها، فلن نكتب برامج بكودٍ أكبر من 10 مليون سطر مهما صارت معالجَاتنا سريعة أو قوية أو جديدة.

مع بزوغ فجر علوم الكمبيوتر في منتصف القرن العشرين، كانت خبرة بناء الحدس

المعلوماتية الوحيدة المتاحة هي إرسال نبضات عبر أسلاك. واهتمت النسخ الأولى من نظرية المعلومات (information theory)، التي مازالت تهيمن على المنهج النموذجي، باختيار النقطة المفردة (single-point sampling) للعالم عند نهاية أحد الأسلاك. لذا تم تصميم بنية الكمبيوتر كما نعرف حول أسلاك محاكاة. أما الكود المصدري فهو محاكاة لنبضات يمكن إرسالها تتابعيا عبر سلك .. كما تمر المتغيرات أو الرسائل.

السبيل إلى جعل النبضات على سلك مفرد ذات معنى هو وجود بروتوكول، يُسند معنى وفقاً لتسلسل. ومن مثل هذه البروتوكولات استُلهِم معظم نصف القرن الأول من علوم الكمبيوتر. كانت هناك نجاحات بكل تأكيد، مثل بروتوكولات الإنترنت. ولكن هذه ليست الطريقة التي تعمل بها الأنظمة الطبيعية. فبينما يمكن نظريا استخدام بروتوكولات خوارزمية (algorithmic) على طريقة القرن العشرين لتوضيح ما تفعله القشرة البصرية مع الإشارات المستلمة من العصب البصري، فإن عمل ذلك سيتضمن تعقيداً على مستوى متعذر تماماً. ومن الواضح أن التمسك بالبروتوكولات لا يعد وسيلة فعالة لشرح نظام، يستقبل عدداً كبيراً من المدخلات على التوازي، ومن الممكن - أيضاً - أن تكون طريقة غير كافية لهندسة أنظمة كبيرة جداً. إذا استبدلنا بمفهوم السلك مفهوم سطح يمكن استعيانه عند نقاط عديدة، يجب أن نتحرك بعيدا عن البروتوكولات الخوارزمية، ونتجه نحو مجموعة جديدة من الطرق، من ضمنها تصنيف الأنماط والصيانة التلقائية للنماذج التأكيدية والتنبؤية الضمنية.

وإليك مشكلة عملية شائعة توضح هذه الفكرة: عملت لسنوات عديدة مع جراحين لبناء عمليات محاكاة لمساعدتهم على تخطيط ممارسات علاجية لمرضى بعينهم. وعمليات المحاكاة هذه معقدة بالمقاييس المعاصرة، ويتم بناء كل منها وصيانته بواسطة فرق من المتخصصين ذوي مهارات رفيعة على فترات، تمتد لسنوات عديدة، ويجب اختبارها على آلاف المرضى، لكي تصبح صالحة للاستخدام.

والآن لنفترض أن إحدى الفرق في إحدى كليات الطب عملت لمدة عشر سنوات على إنشاء قلب افتراضي ذكي، وتم إثبات نفعه في توقع النتائج الجراحية. في غضون ذلك، هناك فريق مشابه في كلية أخرى استثمر عشر سنوات في بناء رئة افتراضية. ولنفترض أن الفريقين يرغبان في دمج عمليهما معاً، ليكوّنا صدراً افتراضياً.

من شبه المؤكد أن الفريقين سيستخدمان بروتوكولات غير متوافقة. وليس من المرجح - فحسب - أن يكونا اختارا عناصر مختلفة من آلات أساسية وأنظمة تشغيل ولغات تنفيذ وما شابه،

بل يحتمل أن تكون هناك - أيضاً - اختلافات في الطريقة المفاهيمية. فمن الممكن أن يكون أحد الفريقين أكّد على صيانة عالمية من أعلى إلى أسفل مقيدة، بينما يكون الفريق الآخر ميالا إلى القواعد التي تتجه من أسفل إلى أعلى. من الممكن أن يكون أحد الفريقين أكّد على دلالات الأشياء في حين استخدم الآخر ما يشبه نظاما مستمرا. تتطلب آخر ما وصلت إليه التكنولوجيا الحالية اتفاق هذين الفريقين على بروتوكول إشارات يمكن إرساله عبر سلك بينهما. هذه البروتوكولات إشكالية، وفي هذه الحالة يمكن أن يكون التعقيد ببساطة منعيّاً. سنعرف ذلك خلال بضع سنوات؛ لأن هناك محاولات في هذا الصدد. إذا تبينت إمكانية وجود بروتوكول بين الأعضاء، فإن بناء واحد منها سيؤدي إلى تنازلات مثيرة في مجال محاكاة الأعضاء. ومن شبه المؤكد أن وجود بروتوكول فعال سيقلص آفاق تحسين أي من عمليات محاكاة الأعضاء التي يتكون منها، ويربط بينها العضو المدمج.

ولفهم السبب في ذلك، نحتاج إلى الغوص في مشكلة البيانات الموروثة (legacy) لنظم المعلومات. إن أصدق ما توصف به برامجنا الحالية أنها "هشة". فهي تنكسر قبل أن تنثني. وهذه نتيجة التأكيد على التمسك بالبروتوكولات، وهو شرط صارم. وبسبب هذه الهشاشة، تبنى البرامج على هيئة طبقات، وسيكون إحياءُ البروتوكولات التي يعتمد عليها كثير من المستخدمين بطرق مختلفة معقداً ومكلفاً إلى حد كبير. ولذا صار لدينا ظاهرة "التثبيت" (lock-in) التي تصير فيها بعض البرامج إجبارية من الناحية العملية. استغلت ظاهرة التثبيت في أواخر القرن العشرين من قبل بائعي البرامج لتكوين بعض أضخم الثروات على مر العصور.

بخلاف التثبيت، هناك خاصية أكثر إزعاجا في البرامج أطلق عليها اسم "الترسّب" (sedimentation). وترسّب البرامج عبارة عن عملية لا تصبح فيها البروتوكولات وحدها هي الإجبارية بل الأفكار المتضمَّنة فيها أيضاً. ومثال ذلك فكرة الملف. قبل سنة 1984، دار جدل حول ما إذا كانت الملفات فكرة جيدة. كان بعض علماء الكمبيوتر يرون أنه من الأفضل وجود بنية أكثر سلاسة للمعلومات المشتركة، وهي في جوهرها عبارة عن ملف عالمي واحد مكوّن من عناصر دقيقة تشبه الأحرف. والواقع أن النسخة الداخلية الأولى من كمبيوتر الماكنتوش لم تكن تستخدم ملفات. أما نسخة الماكنتوش - التي تم إصدارها – فلم تكن وحدها التي اشتملت على ملفات، بل اشتمل عليها أيضاً ويندوز ويونيكس وأنظمة أخرى عديدة مستخدمة على نطاق واسع. والآن تُدرّس الملفات للطلبة كحقيقة حياتية أساسية مثلها في ذلك مثل الفوتون، على الرغم من أنها من اختراع البشر.

نعود إلى القلب والرئة الافتراضيين. بمجرد أن يتفق الفريقان الهندسيان على بروتوكول، يصبح هذا البروتوكول سَيِّدَهم؛ لأن مراجعته ستحتِّم عليهما أن يتغيرا بشكل متزامن، وسيكون هذا مستحيلا عمليا بسبب التكلفة وتعقد المهمة. وأيا كانت أفكار التواصل بين الأعضاء (interorgan) التي كانت سائدة عند اختراع هذا البروتوكول، فإنها ستترسب في مكانها، وسيتوقف التفكير.

لذا، سيتمثل أحد الأهداف الجيدة بالنسبة للخمسين سنة المقبلة من علوم الكمبيوتر في اكتشاف بديل للتمسك بالبروتوكولات كوسيلة لربط مكونات النظم الكُبرى. وفي حالة القلب والرئة، من الممكن الآن الإشارة إلى بديل.

هبّ أن كل عضو تظاهر بأن الآخر عضو جسدي حقيقي، يتم فحصه بواسطة مستشعرات حقيقية. يمكن لكل عضو أن يقيس الخواص الأساسية في الآخر مثل درجة الحرارة والضغط والمكونات الكيميائية في أزمنة وأماكن معينة. سيظهر كل عضو للآخر في صورة سطح يمكن أخذ عينات منه بدرجات مختلفة، ولكن لن تمر مَعْلَمات (parameter) أعلى مستوىً بينهما. لن يكون هناك بروتوكول غير البروتوكول منخفض المستوى الذي أَمْلَته طبيعة القياسات الجسدية الممكنة.

ولنجاح هذه الخطة، سيضطر كل فريق إلى أن يتعلم التعرف على الأنماط الموجودة في محاكاة الفريق الآخر. لن يعود القلب قادرا على إرسال إشارة بأنه قام بنبضة. بل يجب على الرئة أن تستنتج ذلك من أشياء مثل حركة السوائل واستبدال الأنسجة. سيتعلم كل فريق أيضا بناء نموذج للعضو الآخر للمساعدة في ترجمة القياسات. ربما لا توجد هذه النماذج كبِنىً مستقلة قابلة للانفصال، بل يمكن أن تكون متضمنة في طرق معالجة الإشارات المختارة، ومن شبه المؤكد أنها ستستطيع إعادة مواءمة نفسها من خلال الاستخدام.

من الممكن تسمية هذه الصيغة باسم "ربط الأسطح الإحصائي" (statistical surface binding). فلو أمكن أن تفلح عمليات محاكاة الأعضاء، فمن - الممكن - أيضاً أن تفلح مع بِنَى الكمبيوتر العامة. وربما يشهد المستقبل وجود نظام تشغيل، تنظم مكوناته بعضها البعض، وتفسرها وحتى تتنبأ بها. وسيكون مثل هذا النظام أقل عُرضة لفشل كارثي. وليس ثمة سبيل حاليا لمعرفة مدى نجاح هذه الخطة، ولكن ربما يتعين تبني نوع ما من الربط الإحصائي إذا ما كان لبِنَى الكمبيوتر أن تنمو بما يتجاوز الحجم الذي نعرف حالياً كيف نديره.

في الوقت الحالي، لدينا طريقة للتفكير في مستوى منخفض وممل بشدة من الوصف لنظام معلومات (تمسك بالبروتوكول)، ولدينا أفكار عامة من بعيد حول التعقيد من منظور نظري بحت. ولكننا نفتقر إلى منظور وسيط، بمعنى طريقة لنفهم من خلالها الأنظمة المعقدة شكلياً من حيث العلاقات بين المكونات الكبيرة. فلو تمكّنا من نمذجة الجسم البشري من وجهة نظر جرّاح في صورة رسم بياني للأسطح المعلوماتية، فهل يمكن تعميم هذه الطريقة على المشكلات الأخرى في فهم الأنظمة الحية؟

نظراً لأنه لم يكن لدينا حدس تجاه المقاييس النسبية لبنى المعلومات، فقد عانينا في مقارنة إنجازاتنا التحسيبية بما أنجزته الطبيعة. إن الصحافة الفنية والعامة مليئة بادعاءات من بينها أن البراعة التحسيبية البشرية على وشك إدراك التعقيد الطبيعي. وأن الكمبيوترات على وشك أن تفهم أخيراً العواطف أو اللغة البشرية، أو أنها على وشك أن تسمح لنا برأب الفجوة بين الكائنات الحية المعقدة ومتواليات الدي إن أيه (DNA) البسيطة التي تعلمنا بالكاد تصنيفها.

إحدى طرق تأطير طبيعة جهلنا بهذا الموضوع تتمثل في السؤال عمّ إذا كان النشوء الطبيعي عملية غير كفوة (inefficient) بطيئة ومتعثرة أو نتيجة كمبيوتر فائق متوازٍ ذاتي التجميع طبيعياً (ولعلّه يعمل على مستوى كمّي في بعض الحالات) حقق أمثلية ذاتية (self-optimized) لإحداث نتيجة معقدة لا يمكن تبسيطها في أقصر وقت ممكن. هذان البديلان هما الحدّان الخارجيان لما يمكن أن يكون حقيقياً. أما الحقيقة – وهي ما لا نعرفه – فتقع في مكان ما بينهما. وأنا أميل إلى الحدّ الأخير، وهو أن النشوء ربما كان كفؤاً تماماً في إنجاز مهمة صعبة بدرجة لا يمكن تبسيطها. ولكن يبدو أن الحدّ الآخر – وهو أن كل ما يتطلبه الأمر ما بين ثلاثين إلى خمسين سنة من سحر قانون مور وسوف تتفوق كمبيوتراتنا على الطبيعة – مقبول أيضاً في معظم الحوارات المعاصرة حول مستقبل العلوم والتكنولوجيا.

هيمنت علوم الكمبيوتر المقيد بالأسلاك والبروتوكولات في منتصف القرن العشرين على رمزي التحسيب والأنظمة الحية الثقافيين. على سبيل المثال، وصف جورج لويس بورجز (George Louise Borges) مكتبة خيالية ستشتمل على كل الكتب التي أُلّفت أو ستُؤلف. فإذا حدث وكنت محظوظا بما يكفي للعيش في كون واسع بما يكفي؛ ليضم هذه المكتبة (ولسنا من هؤلاء المحظوظين)، فستحتاج إلى استثمار أعمار أجيال لا نهائية من البشر ممن يفنى شبابهم على متن السفن الفضائية محاولين الوصول إلى الرف الذي يريدونه. وستحتاج إلى جهد أقل بكثير لكي تتعلم تأليف كتب جديدة جيدة بالطريقة التقليدية. بالمثل، اقترح ريتشارد دوكينز (Richard

Dawkins) مكتبة غير محدودة تضم الحيوانات المتاحة. فهو يتخيل يد النشوء الخفية العمياء، تتصفح تدريجيا محتويات هذه المكتبة، فتجد المخلوق الأمثل لكل منطقة بيئية (niche). وفي كلتا الحالتين، تأثر المؤلفان بشعارات علوم كمبيوتر القرن العشرين القاصرة. وعلى الرغم من عدم وضع علم كمبيوتر بديل حتى الآن، فإنه بوسعنا على الأقل التفكير في خصائصه المحتملة.

إن أي علم كمبيوتر ومعلومات جديد سيدمج نظرية الموروث. ففراغات التكوين (configuration space) الخاصة بالأنظمة السببية المعقدة شاسعة جداً بحيث لا يمكن فهمها كمكتبات لا متناهية؛ لأنه لن يكون هناك أبدا وقت أو طاقة كافية للتصفح المفيد. ستيوارت كاوفمان (Stewart Kaufman) مولع بقول إن هذا الكون الذي نعيش فيه ليس قديما لدرجة أن يكون سمح باستكشاف كل البروتينات الممكنة حتى صغيرة الحجم بدرجة معقولة مثلا. لذا فإن الأنظمة المعقدة تراكم بيانات موروثة، مما يقيد حجم المزيد من عمليات البحث في فراغات التكوين. يجب أن نتعلم التخلي عن وهم قدرتنا على التغلب على الموروث. هذا هو الوهم السائد عندما يقترح خبراء التكنولوجيا المطلعون - بطريقة أخرى - إضافات جذرية للأيض البشري أو بنية المخ (هناك فعلا كثير من هذه الاقتراحات).

هناك فكرة جديرة بالبحث هي ما إذا كان "الموروث" هو نفسه "علم الدلالة". فـ"علم الدلالة" كلمة استخدمت لوصف كل ما هو غامض فيما وراء حاجز التركيب (syntax) المميِّز للأنظمة القائمة على البروتوكولات. على سبيل المثال، يقال دوما إن أنظمة اللغة الطبيعية تحرز تقدماً غير أنها قاصرة في فهمها لعلم الدلالة. تقوم البيانات الموروثة بإنشاء سياق ثابت في أي نظام معلومات، وهذه البيانات الموروثة معقدة. فهي في تقليلها لفراغ تكوين أحد الأنظمة تعمل مثل العدسات التي تحسّن الكمون السببي للبِتّات.

إن قولك "نعم" في حفل زواج له عواقب أكبر من قولك الكلمة ذاتها لغريبٍ يستوقفك في الشارع ويسألك إن كان لديك ثقاب، على الأقل عادةً ما يكون لها عواقب أكبر. فحفل الزواج عبارة عن بيانات موروثة، بمعنى نمط له تاريخ يصعب تجاهله. وبالمثل، فإن الدي إن أيه لا يكتسب معنى إلا في سياق الجنين، أما شريط منفصل من هذا الحمض فمن شبه المؤكد أنه لن يوفر معلومات كافية للجنس الغريب الذكي في التجربة المذكورة سابقا لإعادة خلق أحد المخلوقات.

إن أي علم كمبيوتر جديد لربما يدمج على نحوٍ مفيد طريقة تقريبية لفهم الأنظمة الطبيعية كنظم معلومات، وذلك على نحو يتجاوز المثال الدقيق الذي ساقه كلود شانون. كثيرا ما يقال إن فهمنا للفيزياء في نهاية القرن العشرين سيكون كافيا لشرح كل الأحداث المنفصلة التي

تحدث في الأنظمة الحية، مثل الربط الكيميائي، بحيث يتعين علينا الآن المضي نحو فهم الأنظمة المعقدة. القول سهل ولكن الفعل صعب. يجب علينا أن نتعلم طريقة تحليل الأنظمة الطبيعية وفقا للكمون السببي. في أي وقت معين، لن يؤثر إلا جزء صغير من المادة أو الطاقة على مستقبل أحد الأنظمة تأثيرا كبيرا، ولا سيما إذا كان نظاما حيا. وحتى في هذه الحالة، ستكون هناك اختلافات في الدرجة، إذ إن أي تغيير بسيط في مشبك عصبي يعني شيئاً أكبر بكثير من تغيّر مشابه على سطح خلية جلدية أو خلية في أي موضع آخر بالجسم البشري مثلاً.

اقترح ستيوارت كاوفمان إمكانية تعريف الحياة بأنها عملية تتوالد ذاتياً، وتنفّذ دورة كارنو (Carnot work cycle)، وهي النموذج الكلاسيكي لتحويل الطاقة إلى شغل. وهذا يقترح طريقة ممكنة واحدة على الأقل لتحليل الأنظمة الطبيعية. ترتبط كل دورة كارنو بضابط من نوع ما، بمعنى جزء من النظام مسؤول عن إعادة بدء الدورة. وسيكون لدى هذه الضوابط كمون سببي أكبر من المواد الأخرى في الدورة، بمعنى أنه يمكن تعطيل النظام بتغيير أصغر في الضابط مما سيكون عليه الحال مع المواد الأخرى في النظام نفسه. ويبقى أن نرى ما إذا كانت هذه الطريقة للتحليل مفيدة لفهم تقريبي للعالم الطبيعي في صورة نظام معلومات، ولكن يجب التوصل إلى طريقة ما.

إذا قمنا بتطوير طريقة صورية وتقريبية لتحليل الأنظمة الفيزيائية إلى بنيات معلومات سببية، فمن الممكن أن نتوصل إلى مقياس للتعقيد يدمج عنصري عدٍّ وطاقة. على سبيل المثال، يمكننا أن نتساءل كم سيتكلف استقصاء النظام لبنيته السببية الداخلية بما أن الروابط في السلسلة السببية يمكن أن تكون مميزة فيزيائياً. إن الخبرة في التفسيرات غير الدقيقة للأنظمة الطبيعية البسيطة يمكن عندئذ أن تجهزنا لنمذجة البيانات الموروثة التي طورتها الطبيعة. وبعد خمسين سنة - إذا كنا محظوظين - ربما لا نتمكن فحسب من وصف كيف يعمل الدي إن أيه وما الدي إن أيه الموجود (وهو ما بدأنا فيه الآن)، بل سنتوصل أيضاً إلى طريقة لوصف مستويات التعقيد الوسيطة التي تتقيد فيها التغيرات التي تطرأ على الدي إن أيه. وعموما يمكننا أن نتعلم أن نرى العالَم إلى حد ما من منظور النشوء، بدلا من منظورِ جزيء أو كائن حي.

بعد خمسين سنة، سيّصبح البيولوجيا والطب مثل الجغرافيا كما نعرفها اليوم. إذ سيتم تخطيط هذين المجالين الدراسيين في أغلب الأحوال، وسيصبحان أقل غموضا بكثير. وللأسف إن معرفة طريقة لرسم خريطة للأرض لا يمكن أن تسرّع تنقلاتنا بين نقطتين إلا بدرجة محدودة فحسب. وبالمثل، فإن القدرة على شرح ما يمثل الآن جوانب غامضة من البيولوجيا لن يضعها

تحت سيطرتنا بشكل تلقائي. وبدلا من ذلك، من المحتمل أننا سنكتشف جوانب البيولوجيا التي تتسم بالتعقيد، ويتعذر تبسيطها. ربما هناك سبب لاستغراق النشوء كل هذا الوقت الطويل، ليصل إلى هذا التصميم، وربما نكتشف أنه لا تتوافر أمامنا أي طرق مختصرة. هذه الإمكانية مجرد مثال واحد فقط على الشاطئ البعيد والنهائي لمجال علم المعلوماتية. وفي تشكيلة واسعة من الاستكشافات، بدءًا من العلم الاقتصادي إلى الزراعة، سنكون مقيدين بأسقف التعقيد، وهي حواجز لن تتعرض بالضرورة إلى الاختراق ببناء أجهزة كمبيوتر أكبر وأسرع. سنبدأ بالنظر إلى أسقف التعقيد بوصفها أصدق القيود على إمكاناتنا. ولا نعرف حتى الآن أين تستقر، ولكن سنعرف في غضون خمسين سنة.

جارون لانير (Jaron Lanier): عالم كمبيوتر وموسيقيّ مشهور بأعماله في مجال الواقع الافتراضي. وهو كبير العلماء في "المبادرة الوطنية للانغماس عن بُعد" (National Tele-Immersion Initiative)، وهي عبارة عن اتحاد جامعات يدرس آثار وتطبيقات تكنولوجيات إنترنت الجيل المقبل.

ديفيد جيليرنتر

الوصول إلى شعاع المعلومات

ماذا سيحدث لتكنولوجيا الكمبيوتر خلال الخمسين سنة المقبلة؟ أين سنكون بعد نصف قرن من الآن؟ اليوم، تتحرك المعلومات عبر الشبكة، ولن يمر وقت طويل حتى يبدأ «الترشيد العظيم» (great rationalization). ومثلما هو الحال مع سلسلة كاملة من الصناعات التكنولوجية الأخرى (السكك الحديدية والسيارات والراديو والتليفزيون)، ستطوّر صناعة المعلومات أشكالا قياسية جديدة لن تكون لها علاقة بالتطبيقات البرمجية التجارية اليوم. والمهم هو كيفية ترتيب المعلومات ذاتها. لن يكون المهم معيار متصفح الويب بل معيار موقع الويب (الويب ذاتها سيكون قد عفا عليها الزمن، ولكن الفكرة الأساسية تظل سارية).

سيصير شكل المعلومات القياسي على نحو ما سأطلق عليه اسم شعاع المعلومات (information beam)، وسيكون الشعاع بمثل أهمية الكتاب دون أن يحل محله، وسيوفر بنية مشابهة قوية وثابتة وبسيطة للعالم الافتراضي (Cyberworld)، ويعيد تشكيل حياتنا الثقافية. إننا ننفق اليوم حوالي 80 في المئة من طاقتنا في القلق على الشكل، بطرق عديدة مختلفة، و20 في المئة على المضمون. ستنقلب هاتان النسبتان بعد خمسين سنة من الآن.

أهم المعلومات هي المباشرة التي تصدر في الزمن الفعلي، والمعلومات التي تخبرنا بما يحدث في مكان أو آخر الآن. قولنا "مكان أو آخر" يعني مكاناً ما على سطح الأرض، سواء المكتب أم المدرسة أم مجلس الشيوخ أم وسط المدينة. وقبل مضي وقت طويل، ستعني عبارتنا هذه مكانا ما في العالم الافتراضي. فالعالم الافتراضي المستمر الموجود في كل مكان سيحل محل الإنترنت الفوضوية المتلعثمة التي نراها اليوم. فبورصة نيويورك اليوم، على سبيل المثال، تنتقل حاليا من "مكان ما على سطح الأرض" إلى "مكان ما في العالم الافتراضي"، وخلال نصف القرن المقبل،

كل المؤسسات الأخرى تقريبا ستحذو حذوها. (هذه نبوءة أعلنتها لأول مرة في كتابي "عوالم المرايا" (Mirror Worlds) سنة 1991 ومازلت مؤمنا بها). دون مفارقة كرسيّك المريح المفضل، أو النهوض من سريرك، ستتمكن من الدخول إلى الحياة الجارية، وأنت في مكتبك إذا كنت تعمل، وفي مدرستك إذا كنت تدرس، وفي السوق إذا كنت تتسوق، وفي العالم إذا كنت تبالي. ولكنك لن تتوقف عن المغامرة. بدلا من ذلك، سيعيد المشهدان المادي والاجتماعي تنظيم ذاتيهما لاستيعاب هذه الحالة الثقافية الجديدة.

قبل أن أرسم هذه التغيرات الكبيرة، إليك القوانين الطبيعية التي ستوجّهها:

1) في عالم التكنولوجيا، ستحدد البرامج (software) لا العتاد (hardware) ذروة التطور ووتيرة التغيّر. فالمعدل الذي ستتقدم به التكنولوجيا لا يعتمد على الدوائر (أو البروتينات الحاسوبية وغيرها) التي نخترعها، بل على بنيات البرامج التي نصممها. فلو ابتكرت طريقة جديدة لترتيب المعلومات - بمعنى بنية برمجية جديدة - فسيتم تطوير العتاد في النهاية لدعم ابتكارك. ولو صنعت عتاداً جديداً قوياً، فسيكون بلا فائدة في حد ذاته. منذ عشر ثوانٍ دخلت عليّ سكرتيرتي حاملة كتابا آخر جديدا عن مستقبل التحسيب (computing) يبحث عن دعاية. كانت الغالبية العظمى من هذه الكتب تدور حول العتاد. فمن النادر جدا أن تجد كتابا يتحدث عن مستقبل البرامج، التي يبدو أنه لا يوجد من يعرف مستقبلها.

عندما نتأمل كيف سيكون شكل التكنولوجيا خاصتنا بعد نصف قرن من الآن، نميل إلى التفكير في دوائر سريعة للغاية، وكمبيوترات جزيئية وبصرية، ووسائط جديدة لنقل البيانات، وغيرها من معجزات العتاد. هذه أشياء مهمة ومدهشة، وليست ذات صلة في حد ذاتها. إن شكل التكنولوجيا بعد نصف قرن سيعتمد على البرامج التي نخترعها.

مثال توضيحي: منذ منتصف ثمانينات القرن العشرين، تقدم عتاد التحسيب بسرعة هائلة. وماذا في ذلك؟ بكل دقة، كيف ترى نفسك أحسن حالا كمبيوتريا عمّ كنت عليه سنة 1985؟ إن تعاملاتك الأساسية على الكمبيوتر كما هي- تماماً - منذ ستين سنة. ومعالج الكلمات الذي تستخدمه في 2001 ليس أفضل حالا من نسخة 1985، فهو يستهلك نسبة من الذاكرة وقوة أكبر بمئات المرات، ولكنه لا يفعل أي شيء بطريقة مختلفة (لا شيء ذا أهمية تُذكر على أي حال). وبرنامج الجداول الإلكترونية الذي تستخدمه بقي كما هو في جوهره. وبريدك الإلكتروني لم يتغير. نعم هناك كثير من الناس يستخدمون البريد الإلكتروني، ولكن البريد الإلكتروني ذاته لم يتغير عمّ كان عليه سنة 1985. وسطح المكتب، ونظام الملفات، وواجهة المستخدم الرسومية (إذا كنت تملك جهاز

ماكنتوش في 1985) .. كلها كما كانت تقريبا منذ عقد ونصف من الزمن. التغير الكبير الوحيد في نوعية الحياة الحاسوبية هو الويب، ولكن الويب يتكون من برامج لا من عتاد.

واليوم فإن البرامج في حالة توقف، ومن ثم فإن صناعة التكنولوجيا متوقفة. أما ثورات العتاد فما أكثرها. ومن أجل حلحلة الوضع، نحتاج إلى ثورة في البرامج، والتأكد من أننا سنشهد هذه الثورة.

2) قانون الاستبدال الذي يستحيل تعلمه: يستبدل المجتمع شيئاً عندما يجد ما هو أفضل منه لا الأحدث منه. لا تتوقع أن يكون كل شيء مختلفاً بعد خمسين سنة من الآن. ستبقى الأشياء الأساسية كما هي. يبدو هذا واضحاً، ولكنه ليس كذلك.

نشرت النيويورك تايمز في الصيف الماضي عنوانا في صدر صفحتها الأولى يقول: "التنبؤات بعصر الكتاب الإلكتروني كانت فيما يبدو سابقة لأوانها" (FORCASTS OF AN E-BOOK ERA WERE، IT SEEMS، PREMATURE). وقبل ذلك بعام وتحديدا في أغسطس 2000، أعلنت بارنز أند نوبل (Barnes & Noble) ومايكروسوفت وعدة شركات أخرى رسمياً عن وصول الكتاب الإلكتروني. كانت تنبؤاتهم الضخمة خاطئة. هل يتصور أحد أن الكتاب حافظ على وجوده ألفي عام لأن الكتب جيدة، وليس لأن مهندسي الكمبيوتر، لم يجدوا الوقت المناسب لاستبدالها؟ وكما كتبتُ سنة 1999، وفي التايمز أيضا: "استبدال الكمبيوترات بالكتب يشبه استبدال الزهور الصناعية بالطبيعية"، محاولا إثبات أن الكتاب أعظم تصميم في الألفيتين الماضيتين.

ولكن الشيء اللافت للنظر حول قصة التايمز المنشورة الصيف الماضي هو أننا رأيناها بحذافيرها من قبل. فقد أعلنت زيروكس من قبل في سبعينيات القرن العشرين عن موت الكتب والظهور الفعليّ الوشيك لـ"الكتب الإلكترونية". هناك شيء مؤكد. خلال عقد أو عقدين من الزمن، ستنشر التايمز عنوانا آخر يقول: "الكتب مازالت صامدة رغم تنبؤات الخبراء الأخيرة". (المفكرون أشخاص متخصصون في إعادة تدوير أخطاء الآخرين).

بعد خمسين سنة من الآن، سنظل نقرأ الكتب المطبوعة على ورق، ونطالع الزيتيات المرسومة على القماش. ولو كنت من المحظوظين الذين يستمعون إلى موسيقى بيتهوفن ويشاهدون أفلام فريد أستير (Fred Astaire) اليوم، فستظل تفعل الشيء نفسه - إذا قُدّر لك أن تعيش - بعد خمسين سنة من الآن.

3) المكاسب الملموسة دائماً ما تتفوق على المكاسب غير الملموسة. لا يتفوق الكتاب على شاشة الكمبيوتر لأسباب عاطفية، أو لأن الكتاب شيء أنيق وجميل – على الرغم من أنه كذلك فعلاً – لكنه يتفوق عليها لمزاياه العملية، فهو بطبيعته أسهل في الحمل والتصفح وتقليب الصفحات والكتابة عليه وقراءته من أي شاشة. ولكن قانون المزايا الملموسة يعني الموت بالنسبة للعديد من الممارسات المألوفة اليوم خلال خمسين سنة أو أقل.

التسوق مثال نموذجي. يتفق الجميع على أن متاجر وسط المدينة صغيرة الحجم ذات الجو الودي أفضل من المتاجر الموجودة في "المولات" التي بدورها أفضل من متاجر "الهايبر ماركت". لا يحب أحد متاجر الهايبر ماركت، ولكن العديد من الناس يتسوقون فيها. من يستمتع بتسوق الكتب على موقع أمازون حيث لا يمكنك تقليب صفحات الكتب أو حتى لمسها؟ غير أن المشترين يهجرون المكتبات، ويتجهون إلى أمازون لأن المزايا الملموسة (كالراحة والاختيار وأحيانا السعر) تفوق تلك غير الملموسة كل مرة.

سيكون هذا القانون شغل الجامعات الشاغل وسترهبها عواقبه إن لم يمنعها رضاها المبالغ فيه عن ذاتها من أن تبالي. فالتعليم على الإنترنت آخذ في الظهور على الساحة بأكملها. ما الذي تقدمه الجامعة لتبرير وجودها إذا كان بوسعك دراسة كل المقررات التي تفضلها عبر الإنترنت التي تشهد تحسّناً مستمراً في جودة المقررات الدراسية كل عام؟ الجامعات منخرطة في بيع غير الملموسات. فهي تتيح خبرة الحرم الجامعي غير الملموسة التي تضعك وجها لوجه أمام مدرسيك وزملائك الطلاب (وهو الأهم) والحرم الجامعي ذاته. وبالتالي فإن 95 في المئة من جامعات العالم ستختفي في غضون خمسين سنة. ستبقى الجامعات الكبرى؛ لأنها تبيع شيئاً ملموسا وهو المكانة الاجتماعية، التي تترجم إلى وظائف ومال. ولكن بالطبع سيلحقها التغيير أيضاً. فأقسام اللغة الإنجليزية – مثلاً – سلعة رفاهية أنشئت خصيصاً لتعليم الطلبة الأدب الرفيع، في الوقت الذي يرى فيه كثيرون اليوم أنه لا يوجد ما يسمى بالأدب الرفيع.

لن تكون استجابة المجتمع: "هل هذا صحيح؟ إذن يمكنك أن تعلّم طلابك أي تفاهات قديمة". بل ستكون كالتالي: "هل هذا صحيح؟ إذن فلسنا في حاجة إلى قسم اللغة الإنجليزية بعد اليوم، أليس كذلك؟".

وبالطبع ستختفي أيضا المدارس الابتدائية.

4) قانون جلين جولد (Glenn Gould) التذكاري: في نهاية المطاف، التكنولوجيا وسيلة

لا غاية. رحل عازف البيانو العظيم عن عالمنا منذ قرابة عشرين عاما. أحب جولد التكنولوجيا وأتقنها. في بداية الستينيات، أطلق تنبؤه الجريء بأن التسجيلات ستحل محل الأداء الحي المباشر، فهجر المسرح، واتجه نحو استوديو التسجيلات. كان يعتني بكل تفاصيل تسجيلاته، الموسيقية والتكنولوجية. ومع اندثار روائع القرن العشرين، تستمر تسجيلات جولد ضمن أكثر التسجيلات التي تحظى بحب الجماهير. كان جولد عاشقاً للتكنولوجيا، وقد تبنى التكنولوجيا كبديل لتقليد الفنون الأدائية التي تبلغ من العمر قروناً. ولكنه استخدم أحدث تكنولوجيا في الهندسة الصوتية لتسجيل .. البيانو. (أو الأرغن والبيانو القيثاري كل على حده).

اليوم نحن مهووسون بالتكنولوجيا، لتنظر في أي صحيفة يومية. وهي ليست حالة صحية، سنجد أننا نتكلم كثيراً وبحماقة حول التكنولوجيا حتى نتجنب الحديث في موضوعات تصيبنا بالتوتر والشعور بالذنب. إذا تحدثنا عن التكنولوجيا، فلسنا مضطرين إلى الحديث عن الفن أو العلوم، أو الحقيقة أو الجمال، أو التزامات الآباء الأخلاقية والروحية تجاه أولادهم (مقابل التزاماتهم المادية). وبدلاً من ضآلة المستوى أخلاقياً وروحياً، يمكننا الحديث عن المستوى المتألق مالياً وهندسياً.

التكنولوجيا موضوع مدهش، كما أنه عميق، ولكنه في النهاية (كما كان جولد يعلم) وسيلة لا غاية. بعد خمسين عاماً من الآن، ستكون فعالية التكنولوجيا وانتشارها أوسع مما هو عليه اليوم. ولكن تركيزنا عليها سيقل، ولن يزيد عما هو عليه الآن.

هناك حقائق معينة بديهية بشأن العتاد في العقود القليلة القادمة. سيكون الكمبيوتر ورقاقات الذاكرة عالية السعة رخيصين جداً، بحيث يتم تركيبها روتينياً عشرات الآلاف في إطار كل بناية تُنشأ، خاصةً كانت أم تجاريةً. ستقومون باستبدالها كارهين من حين لآخر مثل قرميد السقف.

بعد خمسين سنة من الآن، أو قبل ذلك بكثير، ستفسح الإنترنت المجال أمام العالم الافتراضي المليء بأشعة المعلومات. وعندما تصل إلى أحد هذه الأشعة، ستصل إلى عقل مجسّد (externalized)، هو عقلك أو عقل مؤسسة أو منظمة ما. المعلومات التي تعتمد عليها – قصة حياتك بالإضافة إلى ما يعادل بضعة مئات من المواقع المفضلة في العالم الافتراضي – ستصحبك حيثما حللت وارتحلت. لن تحمل هذه البنيات المعلوماتية، بل ستتحرك بنفسها عبر العالم الافتراضي مثل دلافين اجتماعية، تتبعك، وأنت تتمشى على رصيف بحري.

إحدى النتائج ستكون مكسباً أمنياً هائلاً. إذ سيتم نسخ جميع البيانات – وهي مشفرة بالطبع - آلاف المرات في كل أنحاء العالم الافتراضي. وسيتم توزيع – بل نثر – كل بِنَى البيانات على آلاف الآلات الدقيقة المنفصلة. سيتطلب إتلاف أو سرقة البيانات عددا كبيرا من عمليات الاقتحام المنفصلة والمنسقة. "مفتاح التشفير الخاص" الذي تحتفظ به في محفظتك لن يسمح بفك تشفير البيانات فحسب، بل سيسمح بتجميع آلاف الوحدات المنفصلة التي لا تعني شيئا بمفردها لتأليف صورة كبيرة ذات معنى، صورة لا توجد إلا عندما تنظر إليها.

تجربة فكرية: تخيل وجود شعاع ضوئي يقطع إحدى الغرف من منتصف أحد الجدران إلى منتصف الجدار المقابل، وأنت تقف في منتصف الغرفة بحيث يمر الشعاع من أمامك بالضبط. بالطبع، الضوء ذاته لا يُرى حتى يصطدم بشيء ما، لذا سيكون الشعاع عبارة عن عمود ساطع من ذرات الغبار أو قطيرات الشبّورة أو جزيئات أخرى صغيرة عائمة. يتحرك شعاع المعلومات "بسرعة الزمن" كساعة. فكل قطيرة شبورة ساطعة – مثلا - تتحرك بثبات من الجانب الأيمن للغرفة (المستقبَل) نحو المنتصف (الحاضر أو "الآن") وتمضي نحو اليسار (الماضي). يمكنك مشاهدة الشعاع من خلال وضع شبكة كمضرب تنس في مساره بحيث تكون عمودية على اتجاه حركته. هذا هو "مولّف (tuner) الشعاع" الخاص بك. سينطلق الشعاع عبر هذا المولّف بمعدل ثابت، وبالنظر إلى الشبكة يمكنك أن تنظر إليه، وهو يمر أمامك.

شعاع المعلومات الحقيقي عبارة عن تيار من المعلومات يبحر مارّا بك. لنفترض أننا حوّلنا شبكة سي سبان (C-SPAN) إلى شعاع معلومات. يمكننا تخيل سي سبان كتيار من اللقطات الثابتة (freeze-frame) التي يرتبط بكل منها بتّ (bit) من الصوت. وبمشاهدة سي سبان على شاشة التليفزيون، سترى كل لقطة تتبعها لقطة أخرى. تخيل كل هذه اللقطات تم تمديدها في صورة شعاع. تخيل أنك تقف في وسط الغرفة والنصف الأيمن من هذا الشعاع فارغ. النصف الأيمن هو المستقبَل، ولم يتم بث تلك اللقطات بعد. عندما تبث سي سبان لقطة جديدة، تتجسد هذه اللقطة في منتصف الغرفة، عند خط "الحاضر"، وتتدفق مارةً بثبات نحو الجانب الأيسر في اتجاه الماضي. فإذا وضعت مولّف الشعاع عند خط "الآن" (أو على يسار "الحاضر" إن شئت الدقة البالغة)، ترى كل لقطة جديدة أثناء تكوينها. إذن فأنت تشاهد سي سبان .. تحتجزها - في هذه التجربة الفكرية - على شاشة مولّف الشعاع لقطة لقطة.

من الممكن لشخص يقف إلى يسارك أن يشاهد الشعاع ذاته. إنه - أيضاً - يشاهد سي سبان، ولكنه يقف – مثلاً - على مبعدة عشر دقائق إلى يسار "الآن" (على مسافة خمسة أقدام

إلى يسارك مثلاً). إنه يشاهد قناة سي سبان في الماضي، منذ عشر دقائق مضت، أي متأخرا عن الزمن الفعلي بعشرة دقائق. يمتد شعاع سي سبان إلى مسافة بعيدة إلى يسارك. يمكنك مشاهدته متأخرا ساعة أو سنة أو عشر سنوات عن الزمن الفعلي حسب مكان التوليف (tuning). فماذا عن الجانب الأيمن من الشعاع، أقصد المستقبَل؟ يمكن أن يكون لدى سي سبان خطط للمستقبل، بمعنى جدول برامج، تحفظه في الجزء الخاص بـ "المستقبَل" من الشعاع. فإذا كانت سي سبان تبث برنامج (Spanorama) في العاشرة صباح يوم الثلاثاء المقبل، فإنها تضع ملحوظة في مستقبَل الشعاع عند العاشرة صباح يوم الثلاثاء المقبل، فتتدفق الملحوظة بثبات نحو "الآن". يتدفق الجدول بالكامل ثانية ثانية نحو "الآن"، إذ يتوقف عن كونه جدولاً ليتحول ثانية بثانية إلى بث تلفزيوني.

أشعة المعلومات مهمة لأنك تستطيع تخزين "حياتك المعلوماتية" في واحد منها. كما تستطيع تخزين مؤسسة في واحد منها أيضاً.

انظر إلى حياتك المعلوماتية. شعاع المعلومات عبارة عن سلسلة تضم كل معلومة تنشئها أو تستقبلها. يتكون الشعاع من عناصر، ويمكن أن يكون أي عنصر عبارة عن صورة أو مقطع مرئي أو صوتي أو مستند أو فاكس أو أي وحدة معلومات أخرى. (مع العلم أن عناصر شعاع سي سبان المبينة أعلاه متجانسة، بينما معظم الأشعة الحقيقية متغايرة بشدة). في بداية شعاعك، تتدفق شهادة ميلادك الإلكترونية على مسافة إلى اليسار مبتعدةً بسرعة ثابتة. تتجسد رسالة إلكترونية أمامك مباشرة على خط "الآن". جميع المستندات التي سبق وعملت عليها موجودة في مكان ما في الماضي، على الجانب الأيسر من الشعاع، وتتدفق بثبات مبتعدةً. للعمل على نسخة جديدة من أي مستند، يمكنك نسخه ووضع النسخة عند خط "الآن"، والعمل عليها هناك. (تم ضبط معالج الكلمات الذي تستخدمه من أجل الانجراف. ركزه على مستند ما، وسينجرف المستند نحو الماضي، ولكنه يبقى ثابتاً على شاشتك). في الجزء الخاص بالمستقبل في تيارك، أنت تحتفظ بخطط ومواعيد وملاحظات تذكيرية، وكلها تتدفق بثبات نحو "الآن" ثم تعبر خط "الآن" إلى الماضي، وتنجرف إلى التاريخ.

إنني أغفل أشياء كثيرة، فأنا لم أشرح أساليب هذا الشعاع ولا أسبابه. ولكن المقصود أن هذا الشعاع يسجل تاريخا وثائقيا لحياتك. فلو راقبت شعاعك عند خط "الآن"، فأنت بذلك تراقب كل معلومة جديدة في أثناء وصولها. (علماً بأن المحادثات الهاتفية جزء من الشعاع أيضاً). وتبقى إمكانية الوصول إلى ماضيك كاملاً على الشعاع، كما أن مستقبلك – إلى الحد الذي تعرفه منه –

على الشعاع. (نقطة بسيطة ولكنها مهمة ضمن آلاف النقاط الأخرى: سجلاتك الطبية محفوظة في شعاعك، وهي ملك لك، ويمكن أن يصل إليها أي شخص تسمح له بذلك من أي مكان).

عالم المستقبل الافتراضي مفعم بأشعة المعلومات

إذا كنت تعمل، فإن "الحياة المعلوماتية" لشركتك تتدفق عبر شعاع. يظهر كل تعليق أو إعلان أو طلبية جديدة على خط "الحاضر" ثم يتدفق راجعا إلى الماضي. كل شخص له رؤية خاصة لشعاع الشركة. مستند نفسك ورسائلك الإلكترونية - التي لا يراها غيرك — متناثرة مع المعلومات الخاصة بالجماعة والشركة. تدور مناقشات على الشعاع، ثم تتدفق إلى التاريخ. تُصاغ التعليمات، وتصدر الأوامر على الشعاع. يراقب مديرو المصانع الشعاع، ويتلقون الأوامر منه، ويترجمونها إلى أفعال. يتم تخزين خطط الشركة واجتماعاتها وتوقعاتها ومواعيدها النهائية في مستقبل الشعاع.

الشعاع عقل الشركة. لم يكن للشركات "عقول" من قبل. وعقل الشركة لا يعمل مثل عقلك، إذ ينشئه عدة أشخاص لا شخصاً واحداً. وهو يسجل الماضي والحاضر والمستقبل ولا ينسى شيئاً. وبدخولك إلى شعاع الشركة، تدخل إلى عقلها. والواقع أنك تصير جزءا من هذا العقل.

تعمل المدارس أو الجامعات بالطريقة ذاتها. إحدى الطرق لتأمل صف أو مقرر تعليمي هي أن تراه كشعاع يقدّم مادة المقرر نقطة نقطة وعنصراً عنصر. ربما يكون هناك طلاب كثيرون يشقون طريقهم عكس اتجاه التيار في وقت واحد، كل منهم عند نقطة مختلفة، فيما يشاهد المعلّم الشعاع بالكامل، ويقوم بتحديث المادة كلما لزم الأمر، مراقبا الأسئلة عند طرحها. الحرم الجامعي الإلكتروني عبارة عن شعاع. فما "حياته الجامعية"؟ مناقشة جارية (فضلا عن اتصال مادي سيكون عليك أن تديره بنفسك). على الشعاع الجامعي مئات من المناقشات تتردد متجهة إلى الأمام في وقت واحد، وتنفصل، وتجتمع. في هذه الأثناء "تتحدث" الجامعة ذاتها من خلال إعلاناتها وقراراتها .. إلخ، وكل منها في شعاع منفصل. كل هذه الوحدات المعلوماتية متناثرة في المناقشة الجارية. تنشر الجامعة خططها وجداولها في المستقبل، وتتدفق المناقشات الجامعية إلى الوراء نحو الماضي. لم يعد الحرم الجامعي نقطة في الزمان. تاريخه الكامل على الشعاع، ويمكنك الانغماس فيه في أي مكان .. أو بالأحرى في أي وقت. كما لم يعد الحرم الجامعي (أو الشركة) نقطة في المكان. فيمكنك الانغماس في أحد الأشعة والانضمام إلى عقل عامّ أينما كنت، جالساً في غرفة معيشتك أو مستلقياً على ظهرك على الشاطئ.

السوق شعاع يلتقي فيه المشترون والباعة

ولكننا عموماً نفضل أن نكون مع الآخرين. لا نريد المكوث في البيت. بعد خمسين سنة من الآن، سيذهب الناس إلى مكان ما، وينضمون إلى جماعة لأنهم يريدون ذلك لا لأنهم مضطرون إليه. ستكون المدرسة عبارة عن مجموعة عشوائية من أطفال الحيّ، وكل طفل سيدخل إلى شعاع منفصل، أي أن العشرين طفلاً الجالسين في فصل دراسي في "مدرسة بالحي" ربما يرتادون - فعلياً - عشرين مدرسة منفصلة، ولكن يمكنهم جميعاً تناول الغداء واللعب في الخارج معاً. يمكن لأي بالغ مسؤول (معه مؤهل دراسي أو دون) أن يراقب الأطفال. ستعمل "مكاتب الحي" بالطريقة ذاتها. ربما تعمل أنت في مُجمّع إداري صغير مع عشرين آخرين ربما. يعملون جميعاً لدى شركات مختلفة، ولكنهم يريدون قضاء أيام عملهم معاً.

ستختفي المباني الإدارية المؤسسية التي تشكّل المشهد اليوم. فالمتاجر والمحال بدأت فعلاً بالسير على طريق الاختفاء. (يبدو أن التجارة الإلكترونية أُوقفت مؤقتا، ولكن تذكروا كم هي بدائية إلى حد السخف مواقع الويب اليوم. ليس ثمة مبرر مثلا لعدم تمكنك من تقليب صفحات الكتب على موقع إحدى المكتبات. لا مبرر لاضطرارك إلى فهم تصميم جديد، كلما زرت موقعا جديدا. في مختلف الأحوال والظروف، التجارة والتعليم متجهان نحو الفضاء الافتراضي بعناد، علما بأن العواقب ستكون مختلطة بكل وضوح). أما التأثير النهائي لأشعة المعلومات التي تشمل العالم فهو أن الأهمية التي كانت تتمتع بها الأحياء السكنية ستعود إلى ما كانت عليه في القرن التاسع عشر. سيحتاج الناس إلى منازل وأماكن تجمع محلية عامة مريحة. ولكننا لن نعود بحاجة إلى المدن إلا باعتبارها متاحف عملاقة ومتنزهات متخصصة ومراكز تسوق. وهذا أمر سيء؛ إذ تعتبر المدن من أعظم الأعمال الفنية البشرية. ولكن محتوم علينا ألا نقدرها إلا عندما لا نعود بحاجة إليها.

هل ستقلّ معدلات قيادة الناس السيارات بعد خمسين سنة من الآن؟ كلا، إنهم سيقودون بمعدلات أكبر. اكتشف بنفسك. إننا نحب القيادة، وكلما ازددنا ثراء، زادت قدرتنا على فعل ما نحب.

إذن فالعالم بعد خمسين سنة من الآن سيبدو مختلفاً، وسيعمل بشكل مختلف. سيكون أكثر ثراءً بكثير، وسيمتلك تكنولوجيا أكثر بهرجة، بل وربما يكون أكثر سعادة - قليلا - من أي وقت مضى.

ديفيد جيليرنتر (David Gelernter): أستاذ علم الكمبيوتر بجامعة ييل وكبير العلماء بشركة "ميرور وورلدز تكنولوجيز" في نيو هيفن. تتركز أبحاثه حول إدارة المعلومات والبرمجة المتوازية والذكاء الصناعي. تمثل "فضاءات توبل" (tuple space) المستخدمة في نظام ليندا (Lynda system) الذي طوره جيليرنتر ونيكولاس كاريرو (Nicholas Carriero) أساس العديد من نظم الاتصالات الحاسوبية حول العالم. ألّف د. جيليرنتر: "عوالم المرايا" (Mirror Worlds) و"مصدر الإلهام في الآلة" (The Muse in the Machine)، و"1939" (1939) و"رسم الحياة" (Drawing Life)، و"جمال الآلات" (Machine Beauty).

جوزيف ليدوكس
العقل والمخ والنفس

بدأ الشاب سيجموند فرويد حياته العلمية بدراسة النظام العصبي، معتقدا أن أسرار الحياة العقلية ستتضح له من خلال فهمه وظيفة المخ، وسرعان ما اكتشف أن الأدوات المتاحة لدراسة المخ ليست متقدمة بما يكفي لتطبيق اعتقاده عمليا، فاتجه إلى تبني منهج نفسيّ خالص. في السنوات التي تخللت ذلك، ازدهر علم الأعصاب كأحد فروع المعرفة، فأذهلت اكتشافاته فرويد. على الرغم من ذلك، مازال أمامنا أشياء كثيرة نتعلمها، وفيما يلي نقدم بعض التطورات التي يمكن أن نتوقعها خلال الخمسين سنة المقبلة.

قراءة المخ

قطعت أبحاث علم الأعصاب شوطا كبيرا نحو الكشف عن طريقة إتيان المخ بعض مظاهر العقل مثل الإدراك والذاكرة والانفعال، وقد تضمَّن قدر كبير من هذه الأبحاث دراسات أجريت على كائنات حية غير بشرية، وبخاصة الجرذان والنسانيس. وعلى الرغم من كفاية هذه الطريقة لطرح أسئلة حول وظائف المخ التي يشترك فيها البشر مع كائنات حية أخرى، فإنها تركت فجوات مهمة في فهمنا لمظاهر المخ البشري الفريدة، ساعدت على رأبها الأبحاث التي أجريت على البشر المصابين بتلف في المخ، ولكن هذه الدراسات عُنيت بكيفية تعويض المخ عن الوظائف المفقودة مثلما عُنيت بالوظائف الطبيعية للمخ.

تساعدنا التكنولوجيات الجديدة على دراسة وظائف المخ البشري الطبيعية، كما أنها تبشر بمستوى جديد من فهم العلاقة بين المخ والعقل البشريين. بشكل أكثر تحديدا، وفّر ظهور التصوير الوظيفي بالرنين المغناطيسي (fMRI) للباحثين وسيلة آمنة وعملية لإلقاء نظرة على

مخ الإنسان ومراقبة نشاطه في أثناء أداء المفحوص (subject) مهاما نفسية أو مروره بخبرات معينة. ركزت معظم دراسات التصوير حتى اليوم على تأكيد فعالية هذه الطريقة، فأثبتت أنها تكشف لنا عن صورة الوظائف المخية ذاتها التي تكشف عنها معظم الطرق التقليدية. وهكذا فإن كثيراً من النتائج الحالية جاءت من دراسات وظائف المخ التي أُجريت على حيوانات تجارب. من غير هذه المعلومات الأساسية حول كيفية عمل أنظمة معينة بالمخ ستتواجد نتائج التصوير في فراغ عقلي. على سبيل المثال، أظهرت الدراسات التي أُجريت على الجرذان والثدييات الأخرى أن اللوزة (amygdala) - منطقة صغيرة في الفص الصدغي - جزء رئيس من شبكة المخ مسؤول عن اكتشاف الأخطار والاستجابة لها. وقد استرشد الباحثون بهذه المعلومات لإثبات أن المرضى المصابين بتلف في اللوزة لديهم قصور في إدراك الخطر، وأن مناطق معينة في اللوزة تنشطُ — بحسب ما أظهرته صور الرنين المغناطيسي الوظيفي - عند تعرض البشر لمنبهات تهديدية. لقد مهدت الدراسات على الحيوانات الطريق في هذا المجال ومجالات أخرى كثيرة.

من المهم أن تكون الأنواع المفحوصة متوائمة مع الأسئلة المطروحة. نذكر مثلا أن الذاكرة العاملة التي تسمح لك بالاحتفاظ بالمعلومات في عقلك، واستخدامها لفعل الأشياء عبارة عن عملية رئيسة تشكل أساس التفكير البشري، ومعروف أنها تستخدم منطقةً في المخ البشري، تُدعى القشرة المخية قبل الجبهية الجانبية الظهرية (dorsolateral prefrontal cortex). وبما أن الجرذان ليس لديها هذه القشرة، فهي ليست ملائمة لإجراء هذه الأنواع من دراسات الذاكرة. أما النسانيس فلديها هذه القشرة، وكثير مما تعلمناه عن دور هذه المنطقة في الذاكرة العاملة اكتشف من خلال الدراسات التي أُجريت عليها. بيد أن سمة رئيسة من سمات التفكير الإنساني تتصل بالذاكرة العاملة اللفظية (verbal working memory)، وهي وظيفة لا يمكن دراستها مباشرةً على أي نوع غير الإنسان. وقد لعبت دراسات التصوير الوظيفي بالرنين المغناطيسي الحديثة دوراً مهماً في بيان كيفية عمل الذاكرة في المخ البشري.

من المحتمل أن يتركز مستقبل الأبحاث التي تجرى على المخ البشري بواسطة التصوير الوظيفي بالرنين المغناطيسي أو الطرق الأخرى - بما في ذلك السّبُل الأخرى لتسجيل النشاط وسبُل تنبيه مناطق منتقاة بالمخ واستحثاث نشاط — في ثلاثة ميادين واسعة. فالميدان الأول هو العاديّ تماماً، إذْ سنعرف المزيد عن بعض العمليات التي نعرف عنها شيئاً من قبل، وتحديداً، التنظيم العصبي للإدراك والذاكرة والانفعال واللغة والذاكرة العاملة. أما الميدان الثاني فيستلزم اكتشاف المزيد حول طريقة تفاعل هذه العمليات في المخ. سيأخذنا هذا البحث من مفاهيم ضيقة

إلى مفاهيم أوسع على مستوى أنظمة وظيفة المخ، ويمضي بنا في اتجاه بدايات – على الأقل – لنظرية حول كيفية تشكيل المخّ العقلَ في مقابل كيفية أداء عمليات عقلية محددة وظائفَها. لقد بدأ العمل الذي يندرج تحت هذا النوع، وإن كان على مستوى ضيق جداً.

لعلّ الميدان الثالث هو الأهم. تكاد تركز جميع دراسات وظائف المخ على طريقة عمل المخ نمطياً في معظم الوقت، وتشتمل كل واحدة منها على مفحوصين كُثر من أجل الوصول إلى نموذج. وبمجرد أن يصبح لدينا أساس متين في فهم هذه الوظائف النموذجية، يمكننا طرح أسئلة حول كيفية تحديد الاختلافات بين الأفراد والخواصّ الفريدة التي تشكل النفس أو الشخصية. وتتطلب هذه الأسئلة طريقة مختلفة اختلافا طفيفا، طريقة يجرى فيها كثير من القياسات على فرد واحد بدلا من إجراء قياس واحد على عدة مفحوصين.

تمدنا الطرق الحالية بأدوات فعالة لتقييم ما يحدث في أمخاخ الناس وعقولهم، ومع تحسنها سنضطر إلى التساؤل عمّ إذا كنا كمجتمع مستعدين لما ستخبرنا به هذه الأبحاث. فعندما تتاح لنا إمكانية النظر داخل مخ الإنسان ورؤية ما يمكن أن يفكر فيه المرء أو يشعر به بمعنى أن نتنبأ مثلا بما إذا كان شخص معين يحتمل أن يكون قاتلا أو متحرشا بالأطفال أو مغتصباً ما الذي سنفعله بهذه المعلومات؟

إدارة الذاكرة

كلما كوّنتَ ذكرى معينة، عدّلت تشبيك (wiring) المخ، أي التوصيلات المشبكية (synaptic connectivity). والذكرى – سواء أكانت في تفاهة لون الجوربين اللذين ارتديتهما هذا الصباح أم في أهمية صوت أمك – عملية تعديل للتوصيلات بين الخلايا العصبية. ببساطة، تعمل الذاكرة كالتالي: تشهد الخلايا العصبية الضالعة عملياً في خبرة ما تغيرات كيميائية معينة تنشّط الجينات، وبالتالي تستهل تخليق بروتينات داخل هذه الخلايا النشطة. ثم تُنقل البروتينات إلى المشابك العصبية النشطة على متن تلك الخلايا، إذ تغير قدرة تلك المشابك – وحدها دون غيرها – على استقبال رسائل من الخلايا العصبية المتصلة بها. فالذكرى تتجسد في مثل هذه التغيرات. ويمكن أن نتوقع – في ضوء ما نعرفه بالفعل – في المستقبل القريب أن نتمكّن من إدارة الذاكرة بطرق مختلفة.

الآن وقد صار الناس أطول عمرا، يعاني كثيرون منهم من مشكلات في الذاكرة ذات صلة بالشيخوخة، تتجلى كأشد ما يكون لدى المصابين بالزهايمر وأمراض عصبية أخرى معينة،

وإن كانت الذاكرة تختل - أيضاً - لدى كبار السن ممن لا يعانون من اضطرابات معينة في المخ. ويحاول العلماء حاليا استخدام معلومات، تم التوصل إليها خلال دراسات أُجريت على ذاكرة حيوانات مختلفة مثل بزّاقات البحر والذباب والجرذان والأرانب والنسانيس، لتطوير وسائل تحسين الذاكرة البشرية. من الثابت، على سبيل المثال، أن صورا عديدة من الذاكرة تعتمد على الجلوتامات (ناقل عصبي) ومستقبلاتها، وبالتالي فإن إحدى استراتيجيات تحسين الذاكرة تتضمن تطوير عقاقير، تسهّل نقل الجلوتامات. علاوة على ذلك، من الخطوات المهمة في تكوين الذكرى تدفقُ الأيونات الكيميائية، وبخاصة الكالسيوم، خلال مستقبلات الجلوتامات إلى الخلايا العصبية، إذ تؤدي زيادة الكالسيوم عندئذ إلى تنشيط الجزيئات التي تنشّط بدورها الجينات. إن تطوير عقاقير تستهدف هذه العمليات في خلايا المخ البشري (بمعنى محاولة تحسين قدرتها على تنشيط الجينات التي تصنع البروتينات التي تسبب استقرار التشبيك العصبي الذي يشكل أساس الذاكرة) يوفر لنا استراتيجية أخرى لتحسين وظيفة الذاكرة.

ولكن ماذا عن إصلاح أمخاخ من يعانون من مشكلات عصبية مثل الزهايمر؟ هناك أمل جديد يتمثل فيما اكتُشف حديثاً، وهو أن هناك خلايا عصبية جديدة، يتم إنشاؤها في قرن آمون (hippocampus) بمخ البالغين، وهو - أي القرن - منطقة بالمخ ذات أهمية محورية في عمليات الذاكرة وبخاصة قدرتنا على التذكر الواعي. فلو تم حث هذه الخلايا بطريقة ما على الاتصال بدوائر الذاكرة المتدهورة وبالتالي المشاركة فيها، ربما أمكننا استعادة وظائف الذاكرة. وإذا أطلقت الحكومة الفدرالية يد الباحثين، وأتاحت لهم حرية مواصلة أبحاثهم على الخلايا الجذعية، ربما أمكن منع أمراض مثل الزهايمر من الظهور مطلقا لدى الأشخاص المعرضين للإصابة به.

هناك منطقة أخرى يمكن أن يكون فيها لعلوم المخ تأثير مهم وهي التخلص من الذكريات غير المرغوبة أو منعها، وبخاصة الذكريات الصادمة التي تشكل جوهر أمراض مثل اضطراب ما بعد الصدمة (PTSD). فلو أمكن تعطيل هذه الذكريات، لأمكن تخفيف الاضطراب نوعا ما. ابتكر الباحثون طرقا لتغيير مصير الذكريات في أثناء تكونها وثباتها، وهذا من شأنه أن يؤدي إلى تطوير عقاقير تعطى فور وقوع حدث، يمثل ضغطاً نفسياً كبيراً، فتمنع بالتالي تطور الذكريات الصادمة. ولكن نظرا لأن ثبات تكون الذاكرة لا يستغرق إلا بضع ساعات، وهو الوقت الذي يستغرقه تكوين البروتينات واستخدامها، فسيكون تطبيق هذه الطريقة محدوداً، والتي يمكن توفير بديل لها.

أظهرت دراسات جديدة أُجريت على الجرذان إمكانية تعطيل ذكريات معينة مكتملة التكوين، إذا أعيقت البروتينات في مكان الذكرى في المخ في أثناء عملية استرجاع الخبرة. ولكن لكي يكون أي عقار مفيدا في تفكيك الذكريات الصادمة لدى البشر مع ترك الذكريات الأخرى دون مساس، يجب أن يستهدف المناطق الضالعة في الذكريات الصادمة وحده، وهذا بدوره سيتطلب منا العثور على مكان تكوّن الذكرى الصادمة في اضطراب ما بعد الصدمة، فضلاً عن طريقة ما لقصر تأثير العقار على هذه المنطقة. وسوف ننظر في هذه النقاط قريباً.

بالطبع حتى لو تمكّنّا من إضعاف الذكريات المزعجة لدى البشر أو التخلص منها، فهذا ليس بالشيء الذي نفعله بلامبالاة. تخيل أحد ضحايا الهولوكوست عاش عشرات السنين مع ذكريات معسكرات الموت، التي تأصلت حتى صارت جزءا من شخصيته، وعلى الرغم من أنه ربما يعاني أشد المعاناة من هذه الذكريات، تخيل ماذا سيحدث لنسيج شخصيته إذا أزيلت مجموعة من الحلقات المترابطة التي أصبحت جزءا أساسيا من حياته؟

أحيانا يصبح التقدم العلمي جزءاً من حياتنا اليومية، لذا ربما يأتي يوم تستخدم فيه عقاقير لاوصفية (over the counter) لتضفي ثباتا أشدّ على خبرة معينة داخل المخ. هبْ أنك تريد تذكّر حفل ميلاد أو زفاف كأقوى ما يكون. قبل هذا الحفل مباشرة، ابتلع حبةً تجعل الجلوتامات أو الجزيئات الأخرى تعمل بكفاءة أكبر، وسيتم نسخ كل ما سيحدث على دوائر مخك بتفاصيل واضحة أشد الوضوح.

إن إعادة التشبيك الاستجمامية (recreational rewiring) ليست بعيدة منا كما يبدو. إننا نرتب مواقف معينة طيلة الوقت بُغية زيادة الأثر العاطفي لخبراتنا وإضفاء حيوية وثبات على ذكرياتها. وتناول عقار يفعل ذلك ما هو إلا وجه آخر لنفس العُملة. إن إعطاءك شريك حياتك حبة دواء في ذكرى زواجكما أقلّ رومانسية من إهدائه باقة من الزهور، ولكن الحبّة ستحقق النتيجة المطلوبة (أمسية مفعمة بالذكريات الجميلة) بمزيد من الفعالية. أو يمكنك على سبيل الاحتياط إعطاؤه حبّة الدواء وباقة الزهور.

عقاقير ذكية

كان مكبث (Macbeth) يتوق إلى "ترياق حلو مُنَسٍّ" للأحزان. وقد صار لدينا الآن عدد من العقاقير الناجحة نوعاً ما للمساعدة على علاج الاكتئاب والاضطرابات النفسية الأخرى، وإن كان بثمنٍ هو آثارها الجانبية. بعد خمسين سنة أو أقل من الآن، ستعالج العقاقير الشبكات المضطربة

بالمخ دون التأثير على غيرها، ولكن إنتاج مثل هذه العقاقير يتطلب حدوث تطورات عديدة.

في البداية سنحتاج إلى معرفة المزيد عن الشبكات المصابة على وجه الدقة في اضطرابات معينة. وقد بدأ تصوير المخ يقدم لنا العون في هذا الصدد، إذ تظهر الدراسات كيف تختلف أمخاخ المصابين باكتئاب أو اضطرابات قلق أو فصام عن أمخاخ الأصحّاء. ولكننا نحتاج لفهم هذه الاختلافات إلى معرفة المزيد حول الوظيفة الطبيعية للمناطق التي يتم تحديدها.

على سبيل المثال، من المعقول أن نفترض، في ضوء ما لدينا من بيانات عن الحيوان والإنسان، أن الاضطرابات المرتبطة بالخوف (نوبات الذعر، اضطراب ما بعد الصدمة، القلق العام، الرّهاب، الفصام الارتيابي) تنجم عن تغيرات في الطريقة الطبيعية التي تعمل بها شبكات الخوف داخل المخ، وتفاعلها مع الشبكات الأخرى. وبما أن اللوزة، كما رأينا، جزء رئيس من هذه الشبكات، فمن الممكن أن تكون التغيرات في وظيفتها هي المسؤولة عن جوانب معينة من القلق. على وجه التحديد، يمكن أن يحدث الخوف المفرط وغير المبرر بسبب فرط حساسية اللوزة، بحيث تكتشف خطراً وتستجيب دفاعيا لموقف من شأن شخص آخر أن يتجاهله، أو احتمال مبالغتها في رد فعلها، بحيث تستجيب بدفاع أشدّ مما يبديه شخص آخر تجاه تهديد من الدرجة نفسها. يمكن أن ينشأ أي من هذين الحالتين عن تشبيك جيني (genetic wiring)، أو خبرات تشكل صدمة أو ضغطا نفسيا، أو من توليفة منهما. علاوة على ذلك، يمكن تأكيد أي من هذين التأثيرين بالطريقة التي تنظم بها مناطق المخ الأخرى المرتبطة باللوزة وظيفةَ اللوزة. ويمكن تفسير أمراض مختلفة من خلال التغيرات المختلفة في الدوائر الموجودة داخل اللوزة أو بين اللوزة ومناطق أخرى. فإذا قررت دراسات التصوير أن اللوزة - أو أي منطقة أخرى - تتأثر باضطرابات القلق، فإن توضيح وظيفة المنطقة وتفاعلها مع الأنظمة الأخرى سيكون ضرورياً، لابتكار استراتيجيات معالجة جديدة. ولكن حتى في وقتنا هذا، عندما تظهر دراسات التصوير ضلوع مناطق مخّيّة معينة في أمراض بشرية مثل القلق، تظل الدراسات التي تجري على الحيوانات مهمةً لفهم الآليات العصبية التفصيلية على مستوى الخلايا والمشابك العصبية في تلك المنطقة. وأخيراً، يعتمد تطوير أدوية جديدة أفضل على هذا المستوى من المعرفة.

بمجرد أن تشير دراسات التصوير البشرية إلى ضلوع شبكات معينة في مرض معين، وتوضح الدراسات الحيوانية التنظيم المفصّل لهذه الشبكات، يمكننا البحث عن عقاقير تستهدف الدوائر المصابة. ستشتمل إحدى هذه الاستراتيجيات على استثمار التقدم الحاصل في علم الوراثة الجزيئية (molecular genetics)، إذْ لو استطعنا تحديد جزيء معين لا يتم التعبير عنه إلا

في اللوزة، أو يتم التعبير عنه فيها بطريقة معينة، من الممكن عندئذ استخدام هذا الجزيء كمفتاح لتفعيل العقار. بمعنى أن العقار سيظل يُأخذ عن طريق الفم، وينتقل على نطاق واسع في الدم إلى العديد من مناطق المخ، ولكن نظرا لتركيبته الجزيئية، سيكون خاملا في معظم مناطق المخ، ولن ينشط إلا عندما يقابل المفتاح الجزيئي، الذي لا يوجد إلا في اللوزة في هذا المثال الافتراضي. يمكن لمثل هذا العقار أن يساعد على تصحيح وظيفة اللوزة غير السويّة دون أن يؤثر على المناطق الأخرى بالمخ، مقللا بذلك الآثار الجانبية النفسية غير المرغوبة الناتجة عن مفعول العقار واسع النطاق. ولكن نظرا لضلوع اللوزة كذلك في وظائف المخ "السوية"، سيكون التحدّي الحقيقي العثور على طريقة ما، لاستهداف الوظائف المضطربة بشكل انتقائي.

الدفاع المستند إلى اللوزة

تقوم اللوزة، مثلها مثل العديد من مناطق المخ، بعملها خارج حيّز الشعور. ويمكن أن نصبح على وعي بنتائج تنشيط اللوزة، ولكن لا سبيل لنا إلى الوصول شعوريا إلى أنشطتها الداخلية. ونظرا لإمكانية استثارة اللوزة للتعبير لاشعورياً عن استجابات انفعالية مضبوطة، يزداد احتمال ارتكاب اللوزة لاشعورياً جريمةً.. جريمة لن يغفرها الشخص أبداً وهو في حالة شعور.

المحامون لم يفتهم هذا الاحتمال. فقد اعترف النظام القضائي منذ زمن طويل بـ "جرائم الانفعال" (crime of passion) التي يرتكب فيها شخص عاقل وملتزم بالقانون في أحوال أخرى جريمة في غفلة من الشعور أو العقل. يضفي "الدفاع المستند إلى اللوزة" (amygdale defense) أساسا منطقياً، يستند إلى علم الأعصاب، على هذا النوع من المحاجّة. ومع تنامي معرفتنا بكيفية عمل المخ، وتنامي معرفة المحامين بما تم اكتشافه، ستزداد الدفاعات المستندة إلى علم الأعصاب شيوعا. لذا هيا بنا نلقي نظرة من قريب على ما أعنيه بالدفاع المستند إلى اللوزة.

في البداية يجب ألا نخلط الدفاع المستند إلى اللوزة بمسألة أخرى وثيقة الصلة يمكن أن ندعوها الدفاع المستند إلى المخ المريض (pathological brain defense). ففي الأخيرة تكون الحجة أن الشخص ارتكب جريمته بسبب تغير مادي في مخه. أما الدفاع المستند إلى اللوزة في المقابل فيستند إلى فكرة أن اللوزة تتحكم بشكل سوي وبطريقة لاشعورية بالسلوك الانفعالي، ونتيجة لذلك من الممكن أن ترتكب جريمة بواسطة اللوزة بمعزل عن التفكير الشعوري. ومن الممكن بكل تأكيد أن تتحكم اللوزة في فعل عدواني بمعزل عن التحكم الشعوري، وذلك في ظروف استفزازية معينة. ولكن لكي ينجح الدفاع المستند إلى اللوزة لابد من استيفاء معايير عديدة.

من وظائف اللوزة المهمة سرعة إطلاق استجابات وقائية في مواجهة أي خطر مفاجئ. لكن إذا كان المنبه موجوداً منذ فترة من الزمن ومُدرَكا شعوريا، يميل السلوك إلى أن يكون تحت سيطرة عمليات تفكيرية عليا تحدثها القشرة المخّيّة. أضف إلى ذلك أن الاستجابات التي توجهها اللوزة عبارة عن استجابات سريعة وبسيطة وفطرية وتتم بأسلوب مُنَمَّط (stereotyped)، بمعنى أنها تحدث لدى كل أفراد النوع على نحو متشابه. لذا فإذا كان الفعل متعمدا، وتم التعبير عنه ببطء نسبيا (خلال ثوانٍ لا أجزاء من الثانية)، ويتضمن سلسلة معقدة من الحركات، ويختلف تنفيذه باختلاف الأفراد، فعلى الأرجح أنه ليس تحت السيطرة المباشرة للوزة. ويمكن للوزة أن تؤثر في هذه الاستجابات المعقدة بصورة غير مباشرة أو تعدّلها، ولكنها في النهاية من شأن أنظمة المخ الأخرى. تؤكد هذه الحقائق أن نجاح الدفاع المستند إلى اللوزة يتوقف على تضمّن الجريمة استجابةً بسيطة نسبياً وفطرية ومنمّطة تحدث فوراً ومن غير سبق إصرار عند وقوع الاستثارة.

أظن أن جرائم قليلة ستستوفي المعايير اللازمة لنجاح الدفاع المستند إلى اللوزة. ولكن ما يزداد وضوحا أن العديد من أنظمة المخ غير اللوزة تعمل لاشعوريا، وحتى ذلك الشعور ذاته إن هو إلا نتاج أنشطة شبكات المخ اللاشعورية، وهو ما يطرح إمكانية أن يكون الدفاع المستند إلى اللوزة شرعياً رُوحاً رغم خطأ تسميته. ومع ذلك فإن مسألة ما إذا كنا سنحتاج إلى إعادة نظر في طبيعة وحدود المسؤولية البشرية ستتوقف على الاكتشافات المستقبلية حول التوازن بين التحكم الشعوري واللاشعوري داخل المخ. وهذه أيضا ستتحقق على الأرجح خلال الخمسين سنة المقبلة.

جوزيف ليدوكس (Joseph Ledoux): أستاذ كرسي هنري ولوسي موزس للعلوم بمركز علم الأعصاب بجامعة نيويورك. يسعى منذ زمن طويل لفهم انفعالاتنا باعتبارها حالات مخّيّة بيولوجية. ينصبّ عمله على دور التعلم والذاكرة – في مقابل الحتمية الوراثية – في الخبرة الانفعالية، ويسعى إلى ربط ذكريات الخبرات الانفعالية بأحداث المشابك العصبية. أحدث كتبه "الذات المشبكية: كيف تصير أمخاخنا ما نحن عليه" (Synaptic Self: How Our Brains Become Who We Are). له أيضا كتاب "المخ الانفعالي: الأسُس الخفية للحياة الانفعالية" (The Emotional Brain: The Mysterious Underpinnings of Emotional Life)، وكتاب "العقل المتكامل" (The Integrated Mind) بمشاركة مايكل جازانيجا (Michael Gazzaniga). شارك دبليو. هيرست (W. Hirst) في إعداد "العقل والمخ: حوارات في علم الأعصاب الإدراكي" (Mind and Brain: Dialogues in Cognitive Neuroscience) للنشر.

جوديث ريتش هاريس

ما يجعلنا على ما نحن عليه: رؤية من سنة 2050

طُلب مني، بصفتي أكبر عضو حيّ - طويت سنتي الثانية عشرة بعد المائة في فبراير / شباط - بجمعية أبحاث نمو الأطفال، كتابة تقرير حول التقدم العلمي الذي تحقق في مجالنا على مدار الخمسين سنة الماضية، أي النصف الأول من القرن الحادي والعشرين. ولكن قبل أن أتجه إلى الأطفال، أود أن أقول كلمة عن المسنين أمثالي، فالشيخوخة - كما يعرف أعضاء هذه المؤسسة - نوع من النمو أيضا. ومن أهم التقدمات العلمية في هذا القرن من وجهة نظري إنتاج عقاقير يمكنها الوقاية من التغيرات المرتبطة بمرض الزهايمر التي تحدث في الدماغ، بل وتغيير اتجاهها نوع ما. وعلى الرغم من أنني لا أدعي أن ذاكرتي لا تشوبها شائبة - أستميحكم عذرا إن نسيت شيئا ترون ضرورة ذكره في هذا التقرير - فإن واقع دعوتي اليوم للمجيء إلى هنا، وتقديم هذا التقرير دليل على فعالية هذه العقاقير.

والآن، سأنتقل إلى موضوعي المحدد وهو التقدم العلمي في مجال نمو الأطفال في الخمسين سنة الماضية. عندما بدأ القرن الحادي والعشرون، كان علماء علم نفس النمو قد اكتشفوا من قبل كثيراً من جوانب النمو المتماثلة بشكل أساسي لدى جميع الأطفال الأسوياء. تم إحراز تقدم جيد في فهم طريقة تعلّم الأطفال التفكير والحديث والقراءة وغيرها. ولكننا لم نعرف إلا قليلاً جداً حول ما يجعلهم ينمون بصورة مختلفة عن بضعهم البعض، بمعنى لمَ يكبر أحد الأطفال ليصير عطوفاً حيّ الضمير بينما يصير آخر عدوانياً أو متهوراً. كان علماء نفَس النمو في القرن العشرين يعتقدون أنهم فهموا مصادر الفروق الفردية في السلوك والشخصية، ولكنهم - كما نعلم الآن - كانوا مخطئين في الأغلب. لذا فإن أهم تقدم تحقق في القرن الحادي والعشرين هو فهم سبب اختلاف الناس عن بعضهم البعض ووضع ذلك الفهم موضع التطبيق.

قبل أن أصف هذه التقدمات، أعتقد أنه من المفيد أن نستعرض أسباب التقدم المحدود للغاية في هذا المجال خلال القرن الماضي. هناك سببان رئيسيان وهما ازدراء علم الوراثة (genetics)، واستخدام طرق بحثية عتيقة. بحلول سنة 2000، اعترف علماء نفس النمو كارهين بعدم تشابه الأطفال جميعا عند الولادة، فكل طفل يولد له سمات مميزة، وهي وراثية إلى حد كبير. وكانوا يستخدمون طريقة بحثية تعود إلى خمسينيات القرن العشرين، تستند إلى افتراض تماثل جميع الأطفال عند الولادة!

كما ترى، كان معظم علماء نفس النمو في الخمسينيات ـ يعتقدون ـ فعلاً أن جميع المواليد متشابهون وأن أي اختلاف يُكتشف بينهم في مرحلة عمرية لاحقة يجب أن يُنسب إلى الاختلاف في الخبرات التي مروا بها بعد ولادتهم، بمعنى الاختلاف في البيئة. كانت طريقة البحث التي ظهرت في ذلك الوقت تبدو معقولة في ضوء ذلك الافتراض، ولكن لسوء الحظ استمر استخدامها طويلاً بعد نبذ هذا الافتراض.

كانت الطريقة بسيطة، إذ كان علماء نفس النمو في المجال المعروف باسم "أبحاث التنشئة الاجتماعية" يقيسون جانبا ما من جوانب البيئة، وجانباً ما من جوانب نمو الطفل، ثم يبحثون عن علاقات الارتباط بين المقياس البيئي ومقياس النمو. بعد ذلك كانوا يعلنون نتائجهم، فيقولون على سبيل المثال إن الأطفال الذين يقرأ لهم آباؤهم كثيرا يميلون إلى أن يكونوا قرّاء أفضل، أو إن الأطفال الذين يوبخهم آباؤهم يميلون إلى أن يكونوا أكثر عدوانية، أو إن المراهقين الذين يحاورهم آباؤهم صراحةً أقل عُرضة لمختلف أنواع مشكلات المراهقة. أما الخطوة الأخيرة فتتمثل في تحويل هذه النتائج إلى توصيات للآباء، مثل: اقرأ لأطفالك إذا أردت أن يحرزوا تقدما في دراستهم، وابتعد عن توبيخهم إذا كنت لا تريدهم عدوانيين في المستقبل، وعليك بالحوارات الصريحة معهم، إذا أردت عدم وقوعهم في مشكلات. وقد دفعت حكومة الولايات المتحدة في الحقيقة مبالغ مالية كبيرة للباحثين لإجراء هذا النوع من الأبحاث، وإصدار هذه التوصيات!

نعم، ربما نسخر من ذلك الموقف اليوم، ولكن الموضوع كان جاداً وقتها. كان علماء نفس النمو في أواخر القرن العشرين يعيشون "في حالة إنكار" - إذا جاز أن نستخدم العبارة التي شاعت في ذلك الوقت — فهم لم يواجهوا حقيقة أنه إذا كان للجينات أي إسهام ذي شأن في النتائج التي كانوا يقيسونها، فإن نتائج أبحاثهم غير قابلة للتفسير. وعلى الرغم من اعترافهم بأن الأطفال لديهم جينات، لم يعترفوا بأنهم يرثون جيناتهم هذه من أبائهم وبالتالي يميلون إلى مشابهة آباءهم البيولوجيين من نواحٍ عديدة - كالذكاء والعدوانية وحياة الضمير مثلا - لأسباب وراثية محضة.

لماذا استغرق علماء نفس النمو وقتاً طويلاً حتى يعترفوا بهذه الحقيقة الواضحة؟ ولا ننس أن هناك دراسات تستخدم طرقاً أفضل كانت قد تمخضت من قبل عن بيانات كافية لإثبات أنهم كانوا يخلصون إلى نتائج خاطئة. فقد أثبت الباحثون في المجال الذي كان يُعرف وقتها باسم علم الوراثة السلوكي (ويُشتهر الآن بأسماء فروعه) أن علاقات الارتباط التي كان علماء نفس النمو في القرن العشرين مغرمين بالإعلان عنها يمكن تفسيرها كلها تقريبا بناءً على التشابهات الجينية بين أفراد العائلات البيولوجية. كانت علاقات الارتباط تختفي إذا نظرنا إلى العائلات بالتبنّي. ولكن هذه النتائج والتحذيرات التي كتبها أشخاص كانوا يفهمونها، ثم تجاهلها إلى حد كبير.

كنت واحدة ممن أضاعوا وقتهم في كتابة هذه التحذيرات في مطلع القرن. وقد تنبأ أحد الأشخاص بأن يكون كتابي الصادر سنة 1998 بعنوان "افتراض التنشئة" (The Nurture Assumption) "نقطة تحول في تاريخ علم النفس"، ولكنه للأسف لم يكن كذلك. لا يمكن لمثل تلك السفينة الضخمة أن تستدير في مثل هذا الحيز الضيق. فقد كانت تسير بالسرعة القصوى، يقودها الأكاديميون الذين كانوا يحظون بكل التقدير في ذلك الوقت، وكانوا مرتاحين كثيراً لبقاء الوضع على ما هو عليه. كانت هناك حاجة إلى عدة دفعات لتحويلها إلى اتجاه جديد. جاءت أول دفعة – إن لم تخنّي الذاكرة – من كتاب ظهر قبل كتابي بسنوات، وهو "حدود تأثير الأسرة" (The Limits of Family Influence) لديفيد رو (David Rowe). وبعد مطلع القرن بقليل ظهر كتاب لستيفين بنكر (Steven Pinker) بعنوان "الصفحة البيضاء" (The Blank Slate). وبعده ببضع سنين، نشر كتاب لروبرت بلومين (Robert Plomin). وبعده. أيضاً. بسنوات جاءت إسهامات إلدريك وودز (Eldrick Woods) وأبيجيل فالك (Abigail Valk) (للتاريخ، ربما لا يعرف بعضنا أن وودز بطل جولف سابق، وأن أبيجيل بالطبع ليست رئيسة سابقة لهذه المؤسسة فحسب بل هي حفيدتي أيضاً).

ولكن أكبر دفعة جاءت من خارج مجال علم نفس النمو.

أعطى حل شفرات الجينوم البشري قوة دفع هائلة لأبحاث علم الوراثة، مما أدى في البداية إلى تقدير ثم إلى فهم كيف يمكن أن تفضي الاختلافات الطفيفة في الجينات إلى ظهور فروق ملحوظة في شخصيات الأفراد وقدراتهم المعرفية. وواجه الباحثون أخيرا حقيقة عدم قدرتهم على تحديد كيف تؤثر البيئة في نمو الطفل إلا إذا عرفوا ما الصفات والاستعدادات التي جاء بها الطفل إلى تلك البيئة. ودون ضبط المتغيرات الجينية، فإن الأبحاث التي تُعنى فقط بنتائج النمو لا يمكن أن تقول لنا شيئا.

الآن يمكننا ضبط متغيرات أنواع عديدة من التأثيرات الجينية مباشرةً، وذلك عن طريق مسح جينوم الشخص بحثا عن التوليفات المختلفة من الجينات. ولكن لزمن طويل، ظل ضبط التأثيرات الجينية يتطلب استخدام طرق مرهقة مثل دراسة الأبناء بالتبني أو التوائم. وعلى الرغم من أن هذه الطرق كانت أعظم ثمرةً دون شك، استمر استخدام الطرق القديمة حتى 2016 عندما اتخذت الحكومة الأمريكية موقفاً صارماً ورفضت تمويل أي بحث جديد في مجال النمو لا يشتمل على الضوابط الجينية. أدى هذا القرار إلى إحداث ثورة في المجال، ليس فقط لأنه وضع حداً للأبحاث غير المفيدة، بل - أيضاً - لأن كثيرين من أفراد الجيل السابق من علماء نفس النمو قرروا التقاعد في ذلك الوقت.

كانت هناك بالطبع عوامل أخرى ساعدت على تحويل مجالنا نحو اتجاهات جديدة. سأذكر لكم عاملا آخر وهو المعرفة التي اكتسبناها من الاكتشافات في علم الإنسان القديم (paleoanthropology)، التي جاء أهمها سنة 2021، في نهر جليد ذائب... أين كان ذلك؟ في مكان ما باسكندنافيا أو قريبا منها، إذ عثر في الجليد على جثة أحد الأوروبيين القدماء كان قد توفي منذ سبعة وعشرين ألف سنة. لم تكن هذه الضجة بسبب الأوربي نفسه، بل بسبب ما كان يرتديه، فقد كان معطفه مصنوعاً من فراء سميك جميل، لم يستطع أحد التعرف عليه في البداية. حسنا، كما تعلمون، اتضح أن الفراء يعود للنياندرتال (Neanderthal)، وبالأدق ثلاثة منهم. أدى هذا الاكتشاف إلى مراجعة جذرية للأفكار الخاصة بنشوء أشباه الإنسان (hominid) وتاريخهم، إذ أثبت شيئاً كان على علماء الإنسان القديم إدراكه طيلة الوقت وهو أن النياندرتال كانوا مكسوّين بالفراء؛ فما كان ليكتب لهم البقاء طويلا في أوروبا العصر الجليدي دون هذا الغطاء الطبيعي. فجلد أيّل مدلّى حول الكتفين لم يكن كافيا للحماية من هذا الطقس، ولم يكونوا قد اخترعوا الإبرة بعد وبالتالي لم يكن باستطاعتهم الحياكة. كان صعبا في البداية على الناس تقبّل فكرة أن أسلافنا كانوا يعدّون النياندرتال ليس مصدراً للطعام فحسب (وهو فيما يبدو شيء يمكن اغتفاره، حيث كان النياندرتال ليدهم الموقف ذاته تجاهنا) بل كمصدر للملابس أيضاً.

رغم أن هذا الاكتشاف لم يثبت إلا شيئا كنا نعرفه من قبل - وهو أننا ضوار، بل أشد الضواري التي عرفها العالم فتكا - فإنه أدى في النهاية إلى نظرة أكثر واقعية لطبيعة البشرية. أما فكرة "الهمجي النبيل" الرومانسية فألقي بها في سلة المهملات. نعم كان أسلافنا همج، ولم يكونوا نبلاء. إننا لم نصل إلى ما نحن عليه اليوم بكوننا نبلاء.

ورغم ذلك فمن الواضح أننا قادرون على أن الاتسام بالنُّبل في ظل الظروف الملائمة. لقد أحرز الباحثون تقدما طيبا في تحديد تلك الظروف، ولكن الطريق مازال طويلاً.

ما تعلمناه حول نمو الأطفال

أعتذر عن إطالة الحديث عن علم الوراثة في حين أن معظم الموجودين هنا مهتمون بدرجة أكبر بتأثير بيئة الطفل. ولكن كما قلت، من أجل رؤية التأثيرات البيئية بوضوح، علينا أن نعزل التأثيرات الجينية، وهو ما يمكننا فعله الآن بدقة نوعا ما باستخدام تكنولوجيا القرن الحادي والعشرين ومنهجيته.

لقد أثبت هذا البحث أنه البيئة - رغم تأثيراتها المهمة على نمو الطفل - لا تعمل بالطريقة نفسها التي كان يظنها علماء نفس النمو في القرن العشرين. فمعظم علاقات الارتباطات التي بنوا عليها نظرياتهم تبين أنها إما تأثيرات مباشرة للجينات (حقيقة أن الآباء وأبناءهم البيولوجيين لديهم خواص جينومية متشابهة) وإما نتيجة كيفية استجابة الآباء لسلوك أبنائهم. فالآباء يكونون أقل ميلا إلى الدخول في حوارات صريحة، مثلا، مع أبنائهم المراهقين الذين يزدرون كل شيء يقولونه، أو يرفضون الإصغاء إليهم. والواقع أن هؤلاء هم المراهقون أنفسهم الذين يزيد احتمال وقوعهم في متاعب. ففشل الآباء في الدخول في حوارات صريحة، وميل المراهق إلى ارتكاب حماقات مرتبطان؛ لأنهما ينبعان من المصدر نفسه وهو شخصية المراهق.

إذن فالسؤال هو كيف نفسّر شخصية المراهق؟ لماذا نجد مراهقا واعيا وآخر متهورا، ومراهقا طيبا وآخر شريرا؟ قبل بداية هذا القرن بعقود، كنا نعرف أن المسألة لا تتعلق بالجينات وحدها، فلا يفسر الاختلاف الجيني إلا حوالي نصف الاختلافات في الشخصية بين فرد وآخر. ولكن لم نكن نعرف إلا القليل عن التأثيرات غير الجينية على تطور الشخصية بسبب تبديد معظم وقت الأبحاث وأموالها على نتائج ثبت أنها تسير في طرق مسدودة.

حدث تقدم هائل عندما صار علماء نفس النمو أخيرا يقدّرون التفاعل بين الشخصية والبيئة. لقد اعتُرف منذ وقت طويل بأن البيئة لها تأثير قوي على الشخصية، بمعنى اختلاف سلوك الأفراد باختلاف البيئات، وإن كان هناك ترحيل (carryover) للسلوك من بيئة إلى أخرى. أخطأ علماء نفس النمو في القرن العشرين في تفسير الترحيل، إذ رأوا أن بعض الأطفال مشاغبين في كل من البيت والمدرسة، مثلاً، فخلصوا إلى أن شغب الطفل في المدرسة يرجع إلى شيء حدث في البيت. ولكن بمجرد أن حصلنا على وسيلة للفصل بين التأثيرات الجينية والبيئية على السلوك، بات واضحا أن أي ميل لدى الأطفال نحو التصرف بشكل متشابه في بيئات مختلفة

يرجع في مجمله تقريبا إلى التأثيرات الجينية على سلوكهم. ولا تنتقل التأثيرات البيئية من موقف إلى آخر، على الرغم من أنه عند تشابه الموقفين، تتشابه التأثيرات البيئية في الموقفين بالطبع.

بدّد هذا الفهم الغموض المحيط بالسبب الذي يجعل تأثير بيئة منزل الطفولة ضئيلاً جداً على ما يصير إليه الأطفال. إن ما يحدث داخل الأسرة مهم، ولرؤية تأثيراته، عليك أن تراقب كيف يتصرف الأفراد مع آبائهم وأقاربهم. نادرا ما يتم تقييم الشخصية في الكِبر في ظل تلك الظروف، لذا من الطبيعي ألا تُبدي تأثيرات منزل الطفولة. أما سبب عدم امتلاك الآباء تأثيرات طويلة الأجل على شخصية أبنائهم فشيء بسيط، ذلك أن الناس لا يقضون حياتهم كبالغين في منزل آبائهم.

وهكذا، فلاكتشاف كيف تؤثر بيئة الطفولة في الشخصية في فترة البلوغ، كان على الباحثين التركيز على ما يحدث للأطفال خارج المنزل. تبين أن كل شيء تقريباً يمرّ به الأطفال خارج المنزل يُحدث فارقا في شخصيتهم .. خبراتهم في المدرسة وفي الحي، وطريقة تعامل معلميهم وأقرانهم معهم. كنا نعرف من قبل أن الثقافة مهمة، ولكننا تعلمنا أنه لن يكون للثقافة تأثيرات طويلة الأمد إلاّ إذا نقلت عبر وسيط غير الأبوين. فإذا نُقلت الثقافة من خلال الأبوين وحدهم، سيفترض الأولاد أنها من خصوصيات المنزل والأسرة وغير ملائمة أو لا معنى لها في أي مكان آخر. أدرك الآباء أنهم إذا أرادوا نقل ثقافة معينة إلى أبنائهم، فعليهم تربية أبنائهم في مكان يتعرضون فيه لهذه الثقافة خارج المنزل فضلا عن داخله. كان معظم الآباء يفعلون هذا على أي حال، ولكن كان من المثير اكتشاف سبب نجاح هذه الطريقة.

مازال أمامنا الكثير لنتعلمه. مع مطلع القرن، ظننت تفاؤلا مني أنه بحلول سنة 2050 سنكتشف مصدر الاختلاف غير الجيني في الشخصية (الاختلاف الذي يعزى إلى ما كان يُسمى حينذاك "البيئة غير المشتركة"). ولكننا تمكنا حتى الآن من تفسير جزء كبير منه، ويتبقى أن نوضح الجزء البسيط المتبقي من هذا الاختلاف في الشخصية. إننا نعرف أن بعض الاختلافات التي لا نجد لها تفسيراً يرجع إلى البيئة، وهي الأشياء البسيطة التي تحدث للأطفال، وتصعب حتى دراستها والتنبؤ بها. ولكن هناك تفسير بيولوجي لبعض هذه الاختلافات، وهو تفسير غير جيني وإن كان بيولوجيا. حتى الأطفال الرضع الذين لديهم الجينات ذاتها (التوائم المتطابقة أو المستنسخات) لا تكون متشابهة تماما عند الولادة. فكما تختلف بصمات أصابعهم اختلافا طفيفا، تختلف كذلك أمخاخهم. ويعكف الباحثون حاليا على دراسة العمليات الجزيئية المسؤولة عن هذه الاختلافات الدقيقة في تكوين المخ وتأثيرها على الشخصية، ولكن هذا العمل مازال في مهده.

إذن فمازلنا لا نستطيع التنبؤ بالسلوك أو الشخصية بشكل أقرب إلى اليقين. يجد الناس عادة هذا اللايقين مزعجا عندما يتعلق الأمر بالتنبؤ بسلوك الآخرين، ولكنهم لسبب أو لآخر يفضّلون عدم أن لا يتمكن الآخرون من التنبؤ بسلوكهم!

الاستفادة مما تعلمناه

نعرف الآن أن ما يحدث للأطفال في البيت يؤثر في سلوكهم في البيت، وما يحدث لهم خارج البيت يؤثر في سلوكهم خارج البيت. فإذا كان سلوك الطفل يسبب مشكلات في البيت، يمكننا مساعدة الأبوين وتعليمهم مهارات تربوية أكثر فعالية. وإذا كان سلوك الطفل يؤدي إلى مشكلات في المدرسة، فمسؤولية المدرسة التعامل مع المسألة، ويمكننا المساعدة في هذا الصدد أيضا. لقد تعلمنا، على سبيل المثال، كيف نمنع الأطفال الأصغر سنا والأضعف بنية والأقل جاذبية من التحول إلى ضحايا للمتنمّرين.

لقد تعلمنا أن الأطفال بحاجة إلى بيئة مستقرة خارج المنزل، ومن السيئ التنقل بهم كثيرا، بمعنى نقلهم من حي إلى آخر أو من مدرسة إلى أخرى بشكل متكرر. فهم يحتاجون على الأخص إلى مجموعة مستقرة من الأقران، حتى لا يضطرون إلى الفوز بثقة مجموعة جديدة من الأقران والتكيّف باستمرار مع معايير هذه المجموعة فيما يخص السلوك والملبس والكلام. تعلمنا أنه ليس من المهم كثيرا أن يكون للطفل والد واحد أو والدان بل لا يهم. أيضاً. إن كان أباً أو أماً – مادامت التغيرات في ترتيبات الرعاية الوالديّة لا تعطل حياة الطفل خارج الأسرة. ومثلما كان الناس في منتصف القرن العشرين يعبسون في وجه الوالدين اللذين يمزقان أسرتهما؛ لأنهما لا يرغبان في العيش معاً، يفعل الناس الشيء ذاته في منتصف القرن الحادي والعشرين مع الآباء الذين ينقلون أولادهم من مكان لآخر تحقيقا لراحتهم الشخصية.

لحسن الحظ أن الناس بصفة عامة في هذه الأيام يؤجلون إنجاب الأطفال حتى يستطيعوا توفير بيت مستقر، فقد وضع التقدم في الطب الإنجابي حدا لحدوث حمل غير مقصود. أما الجانب السلبي في قدرتنا على التحكم في الحمل فتتمثل في أنه ليس لدينا كثير من الأطفال. ورغم أن معظم الحكومات تفعل ما في وسعها لتشجيع الإنجاب، يتناقص عدد السكان في كل بقعة من بقاع العالم تقريباً.

كل هذا جيد من وجهة نظر الطفل. فالمنافسة على وظائف التدريس تعني أن كل المعلمين لدينا يمتلكون مؤهلات عالية (ويحصلون على رواتب عالية). كما يتلقى الأطفال تعليمهم في فصول

ومدارس أصغر حجما، وهو ما تبين في النهاية أن له فوائد تتخطى الفوائد التعليمية الظاهرة. لقد اعتاد المراهقون الذهاب إلى مدارس ثانوية كبيرة جدا، ونتيجة لذلك يميلون إلى الانقسام إلى جماعات متعارضة، فنرى مؤيدين للتعليم ضد معادين للتعليم، ورياضيين ضد مناوئين للرياضة، وسُمرا ضد شُقر، وغالبا ما كان التأثير ضارا. ولكن مع صغر حجم الفصول والمدارس، ستقلّ احتمالات حدوث هذا. ولو حدث هذا فعلا، فسنكون قمنا بما يجب علينا تجاههم.

المعرفة التي اكتسبناها ذات فوائد عظيمة بالنسبة للوالدين. فقد كانت تربية الأبناء في النصف الثاني من القرن العشرين مهمة أصعب بكثير من أي وقت مضى؛ لأن "الخبراء" جعلوا الناس يشعرون أن أطفالهم نفوسهم هشة، وأي تصرف خاطئ يمكن أن يؤدي إلى إصابتهم بضرر دائم. كان الآباء يخشون ممارسة سلطتهم، ونادرا ما كانوا يستخدمون العقاب الجسدي. إذا كانوا يستخدمن ما سُمي بالوقت المستقطع، وقد كان تحمل تطبيقه بالنسبة للآباء أصعب من الأبناء. كان الأولاد مغمورين بالأحضان والقبلات والهدايا والمديح ومظاهر الحب. فحقيقة أن الأطفال "يريدون" اهتماماً وثناء بلا انقطاع أسيء تفسيرها على أنهم "يحتاجون" إلى اهتمام وثناء بلا انقطاع. في تلك الأيام، كان الناس يهتمون كثيرا بالظهور بمظهر "الطبيعيين"، ولكن طريقة تربيتهم لأبنائهم كانت تتطلب منهم مخالفة ميولهم الطبيعية، والتظاهر بعواطف لم يكونوا يشعرون بها غالبا. كان عليهم أن ينحّوا جانباً رغباتهم الشخصية، بل وحاجتهم إلى النوم.

تخضع أساليب تربية الأطفال لتحولات دورية، من الصارمة إلى المتساهلة والعكس. لقد عشت طويلاً بما يكفي، لرؤيتها وهي تتأرجح بين هذين الطرفين. تبدو الطريقة التي ربى بها الناس أولادهم منذ خمسين سنة مضحكة لنا اليوم. لا يحظى الأطفال اليوم بنفس الودّ قولاً وفعلاً، غير أن ما يحظون به حقيقي. أما خارج المنزل، فيرتبط الأطفال بالمجموعة الصغيرة نفسها من الأقران، يوماً بعد يوم وسنة بعد سنة.

على الرغم من أن هذا قد يبدو غريبا، فإن النتيجة هي أن الطفولة في هذه الأيام أقرب في عددٍ من جوانبها إلى الطفولة في مجتمع قبلي قديم، أو مجتمع يقتات على الصيد وجمع الثمار منها إلى الطفولة النمطية في بيت أمريكي في نهاية القرن الماضي. لا يمكنني إثبات علاقة سببية، ولكن نسبة اكتئاب الأطفال التي سجلت ارتفاعا قياسيا في أوائل القرن العشرين انخفضت بشكل ملحوظ اليوم.

بهذه النبرة المشجعة أختم تقريري. شكرا لكم.

جوديث ريتش هاريس (Judith Rich Harris): كاتبة واختصاصية في علم نفس النمو. عملت سابقا في تأليف الكتب المدرسية التي تتناول نمو الأطفال، فأدركت ذات يوم أن معظم ما تقوله للقراء خاطئ، فتوقفت عن تأليف الكتب المدرسية، وكتبت بدلا من ذلك مقالة اقترحت فيها نظرية جديدة حول نمو الأطفال، نُشرت في مجلة "سيكولوجيكال ريفيو" (Psychological Review) سنة 1998، فنالت عليها جائزة جورج أيه. ميلر من جمعية علم النفس الأمريكية. وصل كتابها "افتراض التنشئة: لماذا يصير الأطفال إلى ما هم عليه" (The Nurture Assumption: Why Children Turn Out the Way They Do) إلى التصفيات النهائية لجائزة بوليتزر سنة 1999.

صمويل باروندس

العقاقير والدي إن أيه وأريكة المحلل

سنة 1950، عدّل كيميائي في شركة الأدوية الفرنسية رون-بولان (Rhône-Poulenc) بنِية أحد مضادات الهستامين، فاخترع. بمحض الصدفة. عقاراً يمكنه القضاء على التفكير الذهاني لدى المصابين بالفصام. وفي غضون بضع سنين اشتهر العقار الجديد عالميا باسم كلوربرومازين (ثورازين)، وهو أول دواء ذو فعالية حقيقية في علاج اضطراب عقلي يسبب الإعاقة. ونظراً لتأثيره الهائل، اختطّ الكلوربرومازين مساراً جديداً للطب النفسي طوال الجزء المتبقي من القرن العشرين.

أثار النجاح الباهر الذي حققه الكلوربرومازين منافسة شرسة من جانب شركات الأدوية الأخرى. ففي خمسينيات القرن العشرين، أدى البحث عن مزيد من الأدوية المضادة للذهان إلى اكتشاف نوعين آخرين من العقاقير النفسية بمحض الصدفة. ففي البداية توصلت شركة جايجي (Geigy) السويسرية للأدوية إلى نسخة معدلة من أحد مضادات الهستامين التي تنتجها، ورغم عدم فعالية هذا العقار في علاج الذهان، أثبت فعاليته في علاج الاكتئاب الحاد. ومهّد العقار الذي سمّى إميبرامين (توفرانيل) الطريق أمام الكثير من مضادات الاكتئاب المعاصرة. ثم اخترعت شركة سويسرية هي هوفمان-لاروش (Hoffman-La Roche) عقارا اسمه كلورديازيبوكسيد (ليبريوم)، وهو لا يساعد في علاج الذهان. فحسب. بل يخفف القلق.

وسرعان ما تبع ذلك إنتاج عقار آخر من فئة بنزوديازيبين هو ديازيبام (ڤاليوم)، الذي أصبح أكثر العقاقير مبيعا في أمريكا لحوالي عقد من الزمان بدءا من منتصف ستينات القرن العشرين.

ومما زاد الأمر إثارة فورة النتائج التي تتناول تأثيراتها على النواقل العصبية (فئة من

كيمياويات المخ تنقل الإشارات بين الخلايا العصبية). وبحلول سبعينيات القرن العشرين اكتُشف أن الكلوربرومازين يعوق أنشطة معينة يقوم بها ناقل عصبي يُسمى الدوبامين، وأن إيميبرامين يزيد أنشطة العديد من النواقل العصبية مثل النوريبنفرين والسيروتونين، وديازيبام يضخم تأثيرات ناقل عصبي آخر يُسمى حمض جاما-أمينو بيوتيريك (GABA). وفي كل من هذه الحالات نجد أن الخلاصة تتمثل في حدوث تغير في إرسال الإشارات إلى دوائر المخ التي تتحكم في الجوانب الانفعالية من السلوك.

حفزت هذه الاكتشافات البحث عن كيمياويات أخرى يكون لها تأثيرات مشابهة على النقل العصبي، ولكن بعدد أقل من الآثار الجانبية غير المرغوبة مقارنة بالكيمياويات الأصلية. وقد أسفر البحث عن مجموعة من الأدوية الجديدة التي يفضلها المرضى، أشهرها فلوكسيتين (بروزاك) الذي عُرف في البداية بأنه مادة كيميائية تطيل النقل العصبي عن طريق السيروتونين، ثم ثبت بعد ذلك أنه علاج فعال لكل من الاكتئاب الشديد والمتوسط. يطلق على هذا العقار اسم مثبط إعادة امتصاص السيروتونين الانتقائي (SSRI)، وهو يطيل تأثيرات السيروتونين عن طريق تثبيط إعادة امتصاصه من قِبَل الأعصاب التي تطلقه، وهي الطريقة الطبيعية لنقل إشارات السيروتونين. وسرعان ما تلى ذلك ظهور عقاقير وثيقة الصلة، مثل سيرترالين (زولوفت)، وباروكسيتين (باكسيل)، وفلوفوكسامين (لوفوكس)، وسيتالوبرام (سيليكسا).

ومع اتساع الخبرة بمثبطات إعادة امتصاص السيروتونين الانتقائية، أدرك الأطباء النفسيون أن هذه الأدوية يمكنها - أيضاً - مساعدة غير المصابين بالاكتئاب. وقد صارت الآن هذه المثبطات علاجا مُثْبَتا لنوبات الهلع غير المستثار (اضطراب الهلع) والقلق الخارج عن السيطرة (اضطراب القلق العام)، وهي تأثيرات مفيدة أكدتها التجارب عند مقارنة تأثيرها بتأثير الأدوية الوهمية "البلاسيبو".

أحدثت فعالية هذه الأدوية وغيرها من الأدوية الجديدة تحوّلا في الطب النفسي. فقبل ظهورها على الساحة، كان الأطباء النفسيون ينظرون إلى مرضاهم من منظور نفسي بحت، وكان همهم الأول علاجهم نفسياً. أما الآن فقد تحول الاهتمام إلى المخ، وكثيرا ما يشتمل العلاج النفسي على عقار واحد على الأقل، وصار عشرات الملايين من الأمريكيين يتعاطون عقاقير نفسية.

ولكن على الرغم من أهمية العقاقير التي حلت محل كلوربرومازين، وإيميبرامين، وكلورديازبوكسيد، وهي صور معدلة من العقاقير الأصلية، التي لا يوجد عقار أكثر فاعلية منها، وجميعها له نفس الآثار الجانبية غير المرغوبة. وعلى الرغم من المعرفة الواسعة بآثارها الجانبية

على النقل العصبي، فإن تطوير أنواع جديدة مازال يعتمد على منهج التجربة والخطأ الذي يشبه ما كان متبعا في خمسينيات القرن العشرين.

أما الخطوة الكبيرة التالية في الطب النفسي فلا يحتمل أن تأتي من خلال مزيد من التحسينات للعقاقير والعلاجات النفسية التي تحدد المجال في يومنا هذا، بل ستأتي بدلا من ذلك من اكتشافات ذات صلة بالاختلافات الوراثية البشرية وطرق تأثيرها على المخ. فكما استرشد الطب النفسي في النصف الأول من القرن العشرين بحكايات المرضى المثيرة، وهم على أريكة المحللين النفسيين، وبمنتجات مختبرات الكيمياء ذات الرائحة النفاذة في نصفه الثاني، سوف تكون معرفة الفروق الفردية الوراثية بمثابة النبراس للطب النفسي خلال الخمسين سنة المقبلة.

إن معرفة الفروق الوراثية الفردية تزفّ هذه البشرى للطب النفسي؛ لأنها ستساعد على الإجابة عن سؤال أساسي وهو: ما الذي يحدد تعرض الفرد لاضطراب السلوك؟ من الواضح أن خبرات الشخص السابقة تلعب دوراً حيوياً في هذا الصدد.

ولكن لماذا نجد أحد الأشخاص يتغلب على الصعوبات العقلية المتكررة، بينما نجد آخر ينزلق بسهولة إلى هوّة حالة من الكرب؟ ولماذا يستسلم أحد الأشخاص للوقوع في هوّة الاكتئاب، وآخر في هوّة القلق المستمر، وثالث في هوّة الانسحاب وأوهام الفصام؟

أفضل تفسير لدينا هو أن كل أنماط السلوك المضطرب هذه تجري في الأُسَر. انظر على سبيل المثال خطر الإصابة بالفصام. إن احتمال إصابة معظم الأشخاص بالنمط المميز من الأعراض يبلغ حوالي واحد في المائة. ولكن إذا كان أحد الوالدين أو الأقارب مصابا بالفصام، فإن خطر الإصابة به على امتداد العمر يتضاعف ثمان مرات. والأمر نفسه ينطبق على السبب الرئيس الآخر للذهان (مرض هوسي اكتئابي يُعرف أيضا باسم الاضطراب ثنائي القطب). هنا أيضا نجد أن احتمال الإصابة عموما يبلغ حوالي واحد في المائة، ولكن هذا الاحتمال يتضاعف ثمان مرات إذا كان أحد الوالدين أو الأقارب يعاني من هذا الاضطراب. كذلك فإن اضطرابات الاكتئاب والقلق وراثية أيضاً.

منذ زمن ليس ببعيد أشعلت هذه الدراسات التي تجري على الأسر جدلاً متفجراً بين من اعتبروها دليلاً على أنماط السلوك غير السوي الوراثية المعروفة ومن اعتبروها دليلاً على توارث استعداد للإصابة بالاضطرابات العقلية. يتفق معظم الناس الآن على أن كلاً من البيئة والوراثة تلعبان دوراً معيناً في ذلك، كما يتفقون على أن أفضل خطوة تالية في تقدير أهمية الوراثة هي محاولة إيجاد أشكال بديلة للجينات التي تلعب دوراً.

كان المحفز الرئيس لهذا الاتفاق تطور أساليب فعالة للفحص المباشر للأشكال البديلة للجينات البشرية، المعروفة بالأليلات (allele)، وهي صور جينية مختلفة ناشئة عن تغيرات عشوائية في بنية الدي إن أيه (DNA)، وهي مسؤولة عن قدر كبير من التنوع البشري، مثل الاختلافات في قابلية الإصابة بأمراض معينة، ولكن وجودها حتى وقت قريب كان مجرد استنتاج. وقد أتاحت الأساليب الحديثة إمكانية التعرف على صور جينية معينة تساهم في صفة بشرية معينة. وبدلا من الحديث عن الأهمية النسبية للطبيعة والتنشئة يمكننا الآن توجيه اهتمامنا إلى البحث عن الأشكال المختلفة (variant) من الجينات التي تساهم في استعداد الفرد للمرض.

إحدى طرق إيجاد هذه الأشكال المختلفة تتمثل في مقارنة الدي إن أيه لدى أفراد العائلة المصابين بهذا المرض بغير المصابين. فإذا تبين أن المصابين بالمرض هم وحدهم من لديهم شكل مختلف من جين معين، ربما يكون لهذه العلاقة الارتباطية معنى. فإذا كان الشكل المتغير نفسه لا يوجد إلاّ لدى الأفراد المصابين في عائلات أخرى، فإن الأدلة تزداد قوة. وعند نقطة معينة يزيد الاحتمال لدرجة يثبت عندها دور هذا الشكل المتغير. تم أثناء العمل على حلّ البنية الجينية البشرية في تسعينيات القرن العشرين التعرف على بعض الأشكال المتغيرة من الجينات التي تؤثر في الاستعداد للإصابة بأمراض معينة بهذه الطريقة وحدها. ومن الأمثلة الشهيرة الأشكال المختلفة لثلاثة جينات مختلفة يزيد كل منها خطر الإصابة بأنواع نادرة من مرض الزهايمر التي تبدأ قبل سن الخمسين. في مجموعة من العائلات كان المتهم أحد الأشكال المختلفة لجين يُدعى (APP)، وفي مجموعة أخرى كان المتهم (PSI) وفي مجموعة ثالثة كان المتهم (PS2).

حفّز اكتشاف الأشكال المختلفة من الجينات التي تزيد خطر الإصابة بأنواع نادرة من مرض الزهايمر إجراء دراسات وراثية على الفصام والاكتئاب والاكتئاب الهوسي وغيرها من الاضطرابات النفسية. إن ما يثير الاهتمام في هذه الدراسات هو عدم اعتمادها على التخمينات بشأن تحديد الجينات المسؤولة؛ لأنه يمكن تصميمها، بحيث تكتشف علاقة الارتباط بين الاضطراب والشكل المختلف من أي جين بشري. وعلى الرغم من أن كثيراً من الدراسات المبكرة ركزت على جينات بعينها، خاصة تلك التي تؤثر في النقل العصبي، إلا أننا لا نعرف سوى القليل عن التحكم الجيني في العمليات العقلية بحيث لن يكون من المستغرب الإشارة بإصبع الاتهام إلى أنواع أخرى من الجينات. للأسف أنه على الرغم من سنوات من المحاولات، لم يكتشف أحد الشكل الجيني المختلف الذي يزيد خطر الإصابة بأي من هذه الأمراض العقلية، ولم يتحقق نجاح كبير في الدراسات الجينية على الاضطرابات الأخرى الشائعة، مثل السكري وارتفاع ضغط الدم. أحد

أسباب عدم إحراز تقدم هو أن قابلية الإصابة بجميع هذه الأمراض تحددها التأثيرات المشتركة التي تحدثها الأشكال المختلفة من جينات عدة لا شكلا مختلفا من جين واحد. ورغم أن التكنولوجيا الحالية سهلت نسبيا التعرف على الأشكال النادرة من جينات فردية لها تأثير كبير على قابلية الإصابة، وذلك مثل (APP) أو (PSI) أو (PS2)، إلا أنه مازال من الصعوبة بمكان العثور على الأشكال الجينية المختلفة التي لا تزيد الخطر إلا إذا كانت موروثة مع عدد من الأشكال الأخرى.

سرعان ما ستقلّ هذه الصعوبة بسبب الاتساع المستمر في معرفتنا بالجينوم البشري. ويُعدّ ما تم نشره مؤخرا من تفاصيل الدي إن أيه البشري خطوة أولى حاسمة. والآن يجرى فحص عينات دي إن أيه مأخوذة من عدد من الأشخاص، لتحديد وتصنيف الأشكال الشائعة لكل واحد من الجينات البشرية البالغ عددها قرابة ثلاثين ألف جين. وسوف يسهل هذا البحث عن أشكال الجينات التي يمكن أن تتضافر في التأثير على الاستعداد للإصابة بالاضطرابات العقلية. كما سيتيسّر هذا البحث أيضا من خلال تطوير طرق جديدة فعالة للفحص المفصّل للدي إن أيه الخاص بأي فرد. ويجري باستمرار تحسين هذه الطرق، مما يعيد إلى الأذهان التطوير المستمر لشرائح الحاسوب. كما يجري أيضا تحسين الطرق التحسيبية (computational) المستخدمة في تحليل كم المعلومات الهائل الناتج عن دراسات الدي إن أيه.

ومع تطور تكنولوجيا جمع وتقييم كميات كبيرة من بيانات الدي إن أيه، سرعان ما سيكون ممكناً إطلاق عملية بحث مكثفة عن مجموعات أشكال الجينات التي تؤثر في الاستعداد للإصابة باضطرابات عقلية معينة. ومع استمرار انخفاض تكاليف تحاليل الدي إن أيه، يمكننا أن نتجاوز الدراسات الصغيرة نسبيا على العائلات لندرس بدقة عينات الدي إن أيه المأخوذة من آلاف الأشخاص المصابين باضطراب معين ولا تربطهم صلة قرابة. ولابد أن يؤدي هذا البحث إلى التعرف على أشكال الجينات ذات العلاقة، والتي لا توجد إلاّ عند المصاب.

من الضروري كي نستخدم هذا الكم من البيانات حول أشكال الجينات استخداما سليما، أن نربطها ليس بأنماط السلوك المضطرب فحسب، بل بخصائص المخ أيضاً. بدأ استخدام مجموعة متنوعة من الطرق الجديدة، مثل التصوير الوظيفي بالرنين المغناطيسي (FMRI)، في تقييم وظائف مناطق معينة في الأمخاخ البشرية. وسوف يؤدي ربط أنماط أشكال الجينات بنتائج هذه الدراسات وغيرها إلى تحديد أنواع فرعية من الاضطرابات التي يتم حاليا تجميعها ضمن فئات تشخيصية، مثل الفصام أو الاكتئاب.

إن توليفة المعلومات الجينية والدراسات الوظيفية ستوفر ـ أيضاً ـ أهدافاً لأدوية جديدة

بحقّ، وهي الطريقة المستخدمة من قبل في البحث عن علاجات جديدة لمرض الزهايمر. ونجد حاليا أن العقاقير الرئيسة لمرض الزهايمر تعمل على تحسين وظيفة المخ عن طريق إطالة مفعول ناقل عصبي يُسمى أسيتيل-كولين، وهي آلية تشبه تأثيرات بعض العقاقير المعاصرة الأخرى، مثل مثبطات إعادة امتصاص السيروتونين الانتقائية. ولقد ساعد التعرف على الأشكال المختلفة من (APP) و(PSI) و(PS2) في حالات نادرة من الإصابة بالزهايمر على تركيز الاهتمام على أهداف بديلة للعقاقير. وهذه عبارة عن إنزيمات مخية تُعرف باسم إنزيمات سكريتاسيس (secretasis)، وتلعب دورا في إنتاج بروتين سام يُدعى بيتا-أميلويد، يتأثر تراكمه أيضا بأشكال الجينات ببضعة طرق مختلفة. وتعكف العديد من شركات الأدوية على دراسة العقاقير التي تبطل مفعول إنزيمات سكريتاسيس، إذ تأمل في استخدامها لخفض تراكم بيتا-أميلويد، ومن ثَمَّ إيقاف تدهور الدماغ.

وبالإضافة إلى إيجاد أهداف جديدة للعقاقير، يمكن أن تحدد دراسات الدي إن أيه أشكال الجينات التي تفرّق بين الأشخاص الذين يستفيدون من العقاقير المتاحة، مثل مثبطات إعادة امتصاص السيروتونين الانتقائية، ومن لا يستفيدون منها. مثل هذه الفوارق قد تكون ناجمة عن الأشكال المعينة التي تجعل الفرد لديه استعداد لاضطراب عقلي معين، وعن أشكال أخرى تحدد كيفية تأثير العقار على المخ. كما يمكن أن تكشف نفس بيانات الدي إن أيه عن أشكال جينات تؤثر في حساسية الفرد تجاه آثار جانبية معينة للعقاقير. كل هذه المعلومات الوراثية سوف توجّه تحديد أنواع العلاج للمرضى.

ستساعد بيانات الدي إن أيه - أيضاً - في إعادة رسم الحدود بين الأمراض العقلية المختلفة التي غالباً ما تتداخل، كما تتداخل أيضا الحدود بين أنماط السلوك التي نصنفها على أنها سويّة، وتلك التي نصنفها على أنها اضطرابات. وسوف يؤدي دمج المعلومات الخاصة بأشكال الجينات مع الدراسات على وظائف المخ والاختبارات النفسية النظامية والقصص الحياتية المفصلة إلى إمكانية استبدال بيانات شخصية كاملة حول كل مريض بالتصنيفات التشخيصية التقليدية.

بعد خمسين سنة من الآن، لن تكون أسباب الاستشارات النفسية قد تغيرت. بعض المرضى ستعوقهم أوهام التفاهة أو القدرة الكاملة، أو نوبات الهلع غير المبرر، أو سماعهم لأصوات تهددهم تتردد في رؤوسهم، وسيشعر آخرون بانعدام المتعة أو فقدان الحيوية أو التشاؤم أو القلق المزمن، وسيرغب صنف ثالث في تأمل حياتهم فحسب.

ولكن بعد خمسين سنة من الآن، سيحضر كل من يزور الطبيب النفسي معه مصدرا جديدا

للمعلومات عبارة عن كلمة مرور للدخول على ملف الدي إن أيه الخاص به على كمبيوتر وزارة الصحة الذي يحتوي على متوالية لكل جين من جيناته إلى جانب حواشٍ تلفت الانتباه إلى أشكالٍ مختلفة من الجينات وتوليفاتها في ذلك الفرد، تؤثر في استعداده للإصابة بمجموعة متنوعة من الاضطرابات، والجينات الأخرى التي تؤثر في مفعول العقاقير.

سوف تستغرق الاستشارة الأولية قرابة الساعة يخصص ثلثها لتعبئة استبيان رسمي عن النمو الشخصي، والتاريخ العائلي، وأعراض معينة. أما باقي الوقت فسيكون حديثا غير رسمي. وفي نهاية الجلسة، سيقدم المعالج النفسي تقييما للحالة، ويقترح بعض الفحوص التشخيصية، ويطلب الاطلاع على ملف الدي إن أيه الخاص بالمريض.

لن يبدو طلب الإطلاع على الملف غير لائق. فالتشريع الذي أنشئ بموجبه أرشيف وطني لملفات الدي إن أيه، وكفل الحفاظ على سريتها، سيكون ـ أيضاً ـ قد خصص الأموال اللازمة لتعميم فوائد توفيرها للمهنيين ذوي الصلة. فكثير ممن يستشيرون الأطباء النفسيين سيكونون متلهفين إلى تلبية هذا الطلب، وسوف يصدق هذا بوجه خاص على من ينحدرون من عائلات مصابة باضطرابات عقلية معينة، إذ ربما يرغبون في تقييم مدى خطر إصابتهم والتعرف على ما إذا كانت هناك أية تدابير وقائية يمكن اتخاذها. أما الباحثون عن علاج فربما يفضلون الاسترشاد بمعرفة توليفة أشكال الجينات المتغيرة لديهم.

سيكون لمثل هذه الإرشادات قيمة خاصة نتيجة توافر مئات الأدوية التي يُختار من بينها. سيكون بعضها عبارة عن نسخ مطورة من الأدوية التي نستخدمها اليوم، ولكن بتأثيرات أكثر انتقائية على النقل العصبي. وسيكون بعضها الآخر قد تم تطويره بناءً على معرفتنا بوظائف المخ. بينما سينشأ البعض الآخر عن التعرف على أشكال الجينات التي تزيد خطر الإصابة بالاضطرابات العقلية.

إن توافر المعلومات الوراثية عن الاضطرابات العقلية لن يغير ممارسات الأطباء النفسيين التشخيصية والعلاجية فحسب، بل سيعزز إسهام الطب النفسي في الطريقة التي ننظر بها إلى أنفسنا. لقد ساعدنا الطب النفسي في النصف الأول من القرن العشرين على إدراك أننا جميعا نتأثر بشدة بعواطف فطرية قوية، ونستفيد من إدراكنا لها، وفي النصف الثاني أمدنا بعقاقير لتلطيف السلوكيات التي يتعذر التحكم فيها وبيّن لنا مدى اعتمادنا جميعاً على كيماويات مخّيّة بسيطة، مثل السيروتونين والدوبامين. وسيزودنا التعرف على أشكال الجينات التي تؤثر في الفروق السلوكية ببعض التفاصيل المهمة عن البيولوجيا الفريدة لكل شخص. وعلى الرغم من أنه

قد تتبين صعوبة تفسير أهمية كثير من هذه الأشكال الجينية، فإن بعضها سيصبح يقينا أدوات مفيدة في تأمل وتأليف قصص حياتنا.

صمويل باروندس (Samuel Barondes): أستاذ كرسي جيان وسانفورد روبرتسون، ومدير مركز علم الأحياء العصبي والطب النفسي بجامعة كاليفورنيا في سان فرانسيسكو، ورئيس مجلس إدارة المستشارين العلميين بالمعهد الوطني للصحة العقلية (National Institute of Mental Health). ألّف "الجزيئات والمرض العقلي" (Molecules and Mental Illness) و«جينات الحالة المزاجية: البحث عن مصادر الهوس والاكتئاب» (Mood Genes: Hunting for Origins of Mania and Depression)، ويعكف حالياً على تأليف كتاب عن العقاقير النفسية.

نانسي إتكوف

صور المخ والملبوسات واللقاءات العابرة

يصف الفيلسوف مارتن بوبر (Martin Buber) في مقال أشبه بسيرة ذاتية عنوانه "طريقي إلى طائفة الحسيديم" (My Way to Hasidism) لقاء عابرا في بوكوفينا سنة 1910، حيث كان قد فرغ لتوه من إلقاء محاضرة، وذهب ليسترخي في مقهى قريب عندما اقترب منه رجل في منتصف العمر قدم له نفسه باسم «السيد إم.».

قال الرجل: «لي ابنة يا دكتور». توقف قليلاً ثم تابع قائلاً: «وأمامي أيضاً عريس شاب لها». توقف من جديد. «إنه يدرس القانون، وقد نجح بامتياز». توقف مجدداً ولكن لفترة أطول... ثم سأله قائلاً: «يا دكتور، هل هو رجل مستقر؟» فاجأني سؤاله، غير أني لم أشأ أن أرفض الإجابة عليه، فأوضحت له قائلاً: «الآن يا سيد إم.، بعد ما قلته، يمكننا يقيناً أن نسلّم بأنه شخص مثابر وبارع». ومع ذلك استمر يسأل: «لكن يا دكتور، هل يتمتع هذا الشاب بعقل جيد؟».

أجبته قائلاً: «هذا سؤال تصعب الإجابة عليه، ولكنه على أية حال لم يحقق النجاح بالمثابرة فقط، مما يدل على أن هناك شيئا في رأسه». مرة أخرى توقف السيد إم. ثم طرح سؤالاً كان واضحاً أنه الأخير: «والآن، هل سيصبح قاضياً أم محامياً يا دكتور؟».

أجبته قائلا: «لا أستطيع موافاتك بأية إجابة في هذا الشأن؛ فأنا لا أعرف الشاب، والواقع أنني حتى لو كنت أعرفه، فبالكاد يمكنني إبداء رأيي في هذا الموضوع». حينئذ رمقني السيد إم. بنظرة تنم عن رفض سوداوي، يتضمن شيئا من التذمر والتفهم، وتحدث بنبرة لا توصف تجمع بين الأسف والضّعة قائلاً: «أنت لا تريد الإفصاح عن رأيك يا دكتور».

أتذكر أحياناً قصة بوبر خلال مناسبة تتكرر مرتين أسبوعياً، وذلك عندما أترك عالم البحث المنظم وأدخل عالم العلاج النفسي بما يتسم به من حميمية جامحة، حيث الجلسات المفعمة بالأحداث المثيرة والدعابة والشفقة.

يمطرني مرضاي بأسئلة كثيرة:

«هل ينبغي أن أهجر زوجتي؟»

«هل أنا مدمن جنس؟»

«لماذا أشعر بالإرهاق دائماً؟»

«هل يجب على مقاطعة أخي الذي يضايقني دائماً؟»

«كيف أعرف أنه لن يلحقني تلوث بملامسة الأقراص المدمجة في محال الاسطوانات؟»

«كيف لي أن أتأكد أنني لن أؤذي وليدي؟»

يمكن أن يدفعني ذلك للعودة بسرعة إلى المختبر لمعالجة بعض الأرقام وعمل بعض الخرائط الذهنية، أو يشعرني بالقهر، ويجعلني أشكك في فائدة محادثاتنا.

في مستهل القرن الحادي والعشرين صرنا نعرف معلومات أكثر بكثير عما كنا نعرفه فيما سبق عن دوائر المخ، وتحسيباته (computation)، والشفرة المدمجة في الجينوم البشري. وعلى الرغم من وجود اهتمام قوي بترجمة هذه الأبحاث إلى علاج فعّال، فإن معظم هذا التقدم يكمن في المستقبل. ففي زمن التفاؤل المتهور في علوم الأعصاب، يحين زمن السخط في الطب النفسي والتفاؤل المشوب بالحذر في علم النفس الإكلينيكي. وإذا استمرت الاتجاهات الحالية على ما هي عليه، سيكون لدينا قليل من الأطباء النفسيين الممارسين بعد خمسين سنة من الآن. فعدد طلبة الطب الذين يختارون الطب النفسي كتخصص أقل من أي وقت مضى منذ سنة 1929، وتظهر الدراسات أن السبب هو نظرة الطلبة للطب النفسي الذي يعدونه أقل نفعاً للمرضى، وأقل شحذاً للذكاء، وأقل مكانةً اجتماعيةً، وأقل - أيضاً - بالنسبة للعائد المادي مقارنة بأي تخصص آخر.

كما أن هناك نفوراً من الطب النفسي بين المرضى المحتملين. فمعظم الأشخاص الذين وصفتهم المسوح المجتمعية بأنهم يعانون من مشكلات نفسية - وذلك وفقا للمرجع التشخيصي للطب النفسي "الدليل التشخيصي والإحصائي للاضطرابات العقلية" (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders) في طبعته الرابعة - لا يقصدون الأطباء للعلاج. وبعض الناس لا يربطون بين الأعراض التي تصيبهم والاضطرابات النفسية، وكثير منهم يقولون إنهم يمكنهم التعامل مع متاعبهم بأنفسهم، أو بمساعدة العائلة، أو الأصدقاء، أو من

خلال الصلاة، أو الراحة، أو التمارين، أو الفيتامينات، أو المسكنات، أو شراب قوي. بعضهم ليس لديه تأمين، في حين يشعر بعضهم الآخر بالخجل أو القلق من وصمة العار التي يُلحقها التشخيص النفسي. ويشير أحد المسوح إلى وجود مشكلة مختلفة، إذ عبر حوالي نصف المشمولين بالمسح عن فقدانهم الثقة في طرق العلاج النفسي الحالية، كالمعالجات والأدوية. ولا يعاني المعالجون النفسيون نقصا في عدد المترددين على عياداتهم، ولكن الأصحاء القلقون (worried well) – الذين لا يندرجون تحت أي تشخيص – يمثلون نسبة كبيرة من الأشخاص الذين يلتمسون مساعدتهم.

ولسوف تزداد هذه المشكلة حدة، إذ يتوقع روبرت ديسجارليس (Robert Desjarlais) وآخرون بقسم الطب الاجتماعي بجامعة هارفارد في كتابهم "الصحة العقلية العالمية: مشكلات وأولويات في الدول ذات الدخل المنخفض" (World Mental Health: Problems and Priorities in Low-Income countries) المنشور سنة 1995 بتزايد أعداد من يعانون من اضطرابات نفسية بدرجة كبيرة في جميع أنحاء المعمورة، ويرجع ذلك – إلى حد ما – إلى أن الناس يعمرون أطول ليصلوا إلى سن، يتعرضون فيه لخطر الإصابة بأمراض معينة. وبحلول سنة 2020 من المتوقع أن يحتل الاكتئاب المركز الثاني بعد مرض فقر الدم الموضعي في القلب (ischemic heart disease) باعتباره السبب الرئيس للإعاقة في العالم. يُعزى تزايد حالات الاكتئاب إلى كل شيء بداية من العزلة الاجتماعية وتعطل الأدوار الاجتماعية، ومرورا بالتغيرات في النظام الغذائي العالمي (مثل انخفاض معدلات الأحماض الدهنية أوميجا 3) والتغير في معايير التشخيص وطرق التقييم، وانتهاء بتضخم أعداد المكتئبين بسبب الإلحاح في ترويج وبيع عقاقير مثل البروزاك بين الأطباء النفسيين والمستهلكين.

لست بمتنبئة، ولكني سأغامر بالبوح ببعض التنبؤات حول العلاج النفسي في القرن الحادي والعشرين. إن الاستياء الراهن يعد مؤشراً جيداً، وسوف يؤذن بتغيرات شاملة. وسأبدأ بما أعده تحولاً حتمياً في التركيز النظري، وأختم ببعض التنبؤات حول الطريقة التي يحتمل أن يُمارس بها العلاج النفسي في المستقبل. بالطبع سأحتجّ بأن الناس مازالوا يحتاجون إلى الحديث حتى في زمن البروزاك المستقبلي الصديق للمستخدم.

تلاقي المعرفة

إليكم هذه النبوءة السهلة: إن الإشارة بإصبع الاتهام إلى البيئة أو التنشئة الاجتماعية – بمعنى طغيان السبب الوحيد – ستُلقى في سلة المهملات مع الأفكار العقيمة الأخرى التي شهدها

التاريخ. فمن غير المحتمل أن يكون السبب وراء المشكلات النفسية جين واحد أو ناقل عصبي واحد مثل السيروتونين والدوبامين وغيرهما، كما أن السبب ليس اطلاع الطفل على ممارسة جنسية لأول مرة أو اكتشافه عدم وجود أعضاء ذكرية لدى الفتيات. فسبب معظم الاضطرابات ومصدرها هو التفاعل المعقد بين الجينات و"البيئة"، وهو مصطلح يشمل جميع الأسباب غير الجينية، بما في ذلك الصدفة. ومن المحتمل أن هناك جينات متعددة، تمثل عوامل مخاطرة احتمالية، ستؤثر في العديد من الاضطرابات النفسية.

ثمة تطور أقل وضوحاً وإن كان حتميا هو أن المعالجين النفسيين لن يظلوا بمنأى عن تحمل عواقب ظنهم أن لا علاقة بين المخ وما يقومون به من عمل. بعد خمسين سنة لن تُقسّم دراسة العقل والمخ بين أقسام جامعية أو مهن منفصلة، كما هو الحال اليوم. فالنزاعات الحقلية الضارية التي شهدها القرن التاسع عشر بين الطب النفسي وعلم الأعصاب حُسِمت بالتنازل عن المخ واضطراباته "العضوية و"العصبية" لعلم الأعصاب، وعن العقل واضطراباته "الوظيفية" و"العقلية" إلى الطب النفسي. ولكن بالطبع تنبثق جميع العمليات العقلية من عمليات المخ التحسيبية، وأبحاث العقل والمخ جزء من حقل معرفي متصل.

إنني أعرض على المحللين النفسيين أو المعالجين الإنسانيين الذين لا يمكنهم تصور تقارب مع علم الأعصاب أن يتأملوا المخ البشري، الذي أعترف أنه لا يبدو جميلاً عند النظر إليه بالعين المجردة وإن كان في ذروة الجمال عند فحصه فحصاً دقيقاً. فهذا العضو الذي يزن ثلاثة أرطال، ويعج بملايين الخلايا العصبية التي تنافس نجوم مجرتنا في العدد، والمجهز بما يقارب مائتي ألف مشبك عصبي متصل بالخلايا العصبية الأخرى أعقد بِنْية في الكون. وهو يثير الرهبة لدى العلماء الذين يستخدمون أجهزة تصوير المخ لمشاهدته وهو يتذكر، ويتخيل ويرغب. ولكن يظل السؤال الحاسم كما هو: كيف يمكن لمد الدم وجزره (هذه الشبكة المعقدة من الوصلات) أن يصيرا خبرتنا الشعورية ومضمون أفكارنا؟ هذا السؤال بالتحديد هو ما سيشغل فكرنا خلال الخمسين سنة المقبلة. وكما كتب عالم الوراثة فرانسوا جاكوب (Francois Jacob):

"اهتم القرن الموشك على الانتهاء بالأحماض النووية والبروتينات، بينما سيركز القرن المقبل على الذاكرة والرغبة. ولكن هل سيتمكن من الإجابة على الأسئلة التي تطرحانها؟".

ما العلاقة بين علم المخ ومزاولة العلاج النفسي؟ رأينا من يجادل – وأشد ما كان ذلك على يد اختصاصي علم الأحياء العصبي إيريك كاندل (Eric Kandel) - بأن العلاج النفسي لا يغير عقلك فقط، بل يغير مخك بكل ما في الكلمة من معنى. فالعلاج الفعال يعمل مثلما تعمل

أي صورة أخرى من صور التعلم المكثف، إذ يُحدث تغيّرات في التعبير الجيني الذي يحدث بدوره تغيراً في قوة المشابك العصبية تغيّرات بنيوية، تبدل بدورها نمط الوصلات البينية التي تربط الخلايا العصبية في المخ. يمكن للمرء قياس هذه المسألة على تدريب موسيقيّ محترف. أثبت طبيب الأمراض العصبية ألفارو باسكوال-ليون (Alvero Pascual-Leone) أن أمخاخ الموسيقيين المحترفين تخضع لتغيرات وظيفية وبنيوية في أثناء تدريبهم، وهى تغيرات يمكن توثيقها باستخدام طرق التصوير العصبي. الأكثر من ذلك أن باسكوال- ليون أقترح ـ أيضاً ـ أن تكرار التجارب العقلية المكثفة يمكنه إحداث مثل هذه التغيرات.

يقارن عدد متزايد من الدراسات بين تأثيرات العلاج النفسي وتأثيرات عقاقير مثل البروزاك وذلك من خلال النظر في صور المخ قبل العلاج وبعده. وقد تم إجراء هذه الدراسات بالنسبة لاضطراب الوسواس القهري والاكتئاب الكبير. ما تكتشفه هذه الدراسات أنه عندما يكون الأسلوبين فعالين، فإنهما يحدثان تغيرات متشابهه في المخ. ويقترح البحث مساراً مشتركاً نهائياً للتغيرات النفسية المعقدة. وربما نتمكّن مستقبلاً ومن خلال تصوير مخ المريض من حل اللغز الذي يبدو مستعصياً على الحل، وهو كيف نحكم على فعالية العلاج؟ ومتى يجب إنهاؤه؟

فرويد يخرج وداروين يدخل

سلّم المعالجون النفسيون – تأثرا بنظرية فرويد – في الفترة من أربعينيات القرن العشرين وحتى سبعينياته (وبعضهم حتى اليوم) بأن الاضطرابات النفسية تمتد جذورها إلى مرحلة الطفولة المبكرة وأن العلاج يجب أن يشتمل على إعادة تكوين (reconstruction) لتفاصيل الماضي البعيد، وهى مهمة هائلة تعوقها قيود الذاكرة. يسخر ألفي سينجر (Alvie Singer)– الشخصية الروائية التي لعبها الممثل وودي ألِن (Woody Allen) - من سنواته الخمس عشرة التي قضاها في التحليل في فيلم "أني هول" (Annie Hall) قائلاً: "سأمهله سنة أخرى بعدها سأذهب إلى [بلدة] لوردز". يدافع المحللون عن المتطلبات الزمنية من خلال التنويه إلى ضخامة المهمة، وعلى حد قولهم: "أنت لا تستطيع حفر قناة السويس بملعقة". ولكن الأبحاث لم تؤكد على أن صدمة الطفولة المبكرة هي السبب الأصلي لأي اضطراب نفسي، بل إن اضطراب ما بعد الصدمة (PTSD) يمكن أن ينشأ عن خبرة في الكِبَر. وعلى الرغم من أن إجراء تحليل دقيق لحياة المريض في سن مبكرة يمكن أن يكشف عن بعض الشذرات، يقترح علم الإدراك المعاصر أن الذاكرة شيء طيّع. فالنسيان والحجب والذكريات المزيفة المؤقتة هى الطريقة التي يعمل بها العقل، أو الثمن الذي ندفعه في سبيل نظام ذاكرة يخدمنا عموما بشكل جيد.

يخلص الطبيب النفسي ألان ستون (Alan Stone) في مقاله المنشور سنة 1997 "أين سيحيا التحليل النفسي؟" (Where Will Psychoanalysis Survive?) بقوله: "التحليل النفسي بشقيه النظري والعملي شكل من أشكال الفن ينتمي إلى الإنسانيات لا العلوم. وهو أقرب إلى الأدب منه إلى العلم". ومع تحول فرويد إلى الآداب والإنسانيات، سينتقل داروين إلى العلوم السلوكية والطب. وسوف يوفر الطب الدارويني بعد خمسين سنة إطاراً لهذا المجال. لقد تشكل المخ - مثل أي عضو آخر من الجسد - عن طريق الانتخاب الطبيعي، فطوّر وحدات ذهنية تعزز الاستعداد التناسلي، وتساعد على ضمان البقاء. وسيعاد توجيه ممارسة العلاج النفسي من التركيز على المرض إلى التركيز على القابلية للإصابة، ومن الأعراض إلى وسائل الدفاع التكيّفيّة، ومن التركيز الحصري على تاريخ الفرد إلى تمحيص الجوانب المشتركة للتجربة الإنسانية.

سيُعزى تفشي بعض الاضطرابات إلى مزايا الاستعداد التي تمنحها الجينات المهيِّئة، ومثال ذلك الاكتئاب الهوسي (manic depression)، فالطاقة، والإبداع، وسحر الشخصية المصحوبة بالهوس المعتدل من الممكن أن توفر ميزة الاستعداد لبعض المصابين بالاضطراب، أو لآخرين لا تسبب جيناتهم مثل هذا الاضطراب وإن كان لها تأثيرات مفيدة. وسيتم فهم الاضطرابات الأخرى على أنها أعطال في أجهزة المخ، مثل الجهاز الذي يميز طبيعيا أفعالنا عن أفعال الآخرين (في الفصام)، أو الجهاز الذي يمكّننا من قراءة نوايا الآخرين ومشاعرهم (في التوحد). ستقترح بعض الأعراض المعينة تسويات في التصميم مدفوعة بالاختلافات بين البيئة الحالية وبيئة الأسلاف، أو - ببساطة - دفاعات طبيعية مبالغ فيها. على سبيل المثال، من المحتمل أن ينشأ الاضطراب المعروف بالقلق العام كدفاع ضد مخاطر غير محددة، وأنواع الرهاب كدفاع ضد مخاطر محددة، مثل النزف أو المرتفعات أو الثعابين السامة. ويمكن أن تتسبب الذكريات المسترجعة والمتكررة في عذاب مرضى اضطراب ما بعد الصدمة، وهي تنشأ لأن المخ يجد أن من المفيد تذكر المخاطر التي تهدد الحياة حتى يتجنبها في المستقبل. ومن الممكن أن يفيد الاكتئاب الخفيف وظيفة المحافظة على الموارد التكيفية في الأوقات الصعبة، وتنبيه الآخرين إلى الحاجة للمساعدة، وإفساح المجال أمام إعادة تقييم الأهداف. كما يمكن أن يكون الاكتئاب الخفيف. أيضاً. علامة على الخضوع، وذلك عندما لا يستطيع الفرد معارضة التسلسل الهرمي (hierarchy) أو لا يرغب في ذلك.

ومن منظور نشوئي، يمكن اعتبار الحزن والخوف والغضب والاشمئزاز والخجل والشعور بالذنب عمليات تكيّف ودفاعات، فهي تؤدي وظائف مفيدة مثلها في ذلك مثل الكحة وتصلب الجلد

والألم الجسدي. ربما تكون مفرطة الأذى لأنها تعمل وفق ما أسماه أستاذ الطب النفسي بجامعة ميتشيجان راندولف نيسي (Randolph Nesse) "مبدأ مكتشف الدخان"، إذ أن إطلاق إنذار كاذب أفضل من الفشل في اكتشاف حريق. إن بيئتنا أكثر أماناً من بيئة أسلافنا، فهي آمن من حيث خلوها من الأمراض المعدية، وسوء التغذية، والضواري، وأفعال الطبيعة. المثير للسخرية أن من تثقل كواهلهم اضطرابات القلق ربما كنا سنجدهم أكثر توافقا في بيئة ماضينا البعيد.

تثير التفسيرات النشوئية أسئلة مهمة حول العلاج. فإذا كانت بعض الأعراض مثل الخوف الرهابي بيولوجية المنشأ، هل يعني أنها غير قابلة للعلاج؟ الأمر ليس كذلك، إذ يمكن التخلص من الخوف من الدم أو الخوف من الثعابين والحيوانات الأخرى بساعات من المعالجة. ولكن على الرغم من أن اضطراب الوسواس القهري والاكتئاب والهلع وأنواع الرهاب معيقة بوضوح، وتستفيد من المعالجة، ربما يكون القلق الخفيف والاكتئاب مفيدين في نهاية المطاف، يساعدان على تغيير مجرى حياتنا، أو التشكيك في قراراتنا أو قرارات الآخرين، أو التصالح مع الأصدقاء أو الأسرة، أو تفادي المخاطر. ولعل من الخطأ – كما أوضح نيسي – أن يُداوى المجتمع على نحو يجعله عديم الخوف تماما، أو تكون عنده مناعة أكثر مما ينبغي ضد الحزن أو الفقدان.

في تحول جذري ذي صلة، ستصبح دراسة الصحة مهمة مثل دراسة المرض. فمن مجالات متنوعة مثل علم النفس الإيجابي وانتهاء بعلم الوراثة الجزيئية، سنرى علماء يستقصون ما يحمي الإنسان في أوقات المحن، وما يحصنهم ضد الإجهاد، ويحددون الجينات (أو البيئة أو المزاج) التي يمكن أن تكون باعثا على الصحة. ولن يعود مجال "الصحة العقلية" اسماً على غير مسمى؛ فهو لن يقتصر على دراسة المرض.

من الأريكة إلى الملبوسات

تمثل علاقة المريض بالمعالج لب العلاج النفسي الديناميكي التقليدي. فسيجموند فرويد يراود خيالنا الأدبي، إذ يكتسح الحوار التحليلي النفسي حياتنا كلها، ويخلق سيرة مشبعة وذات معنى. إن السيرة – بحسب ما كتبه ليتون ستراتشي (Lytton Strachy) في مقدمته لكتاب "شخصيات بارزة من العصر الفكتوري" (Eminent Victorians) – هي "أرقّ فروع الأدب وأكثرها إنسانية". ولكن حتى لو لم تظهر إلى الوجود منظمات الحفاظ على الصحة (HMO)، فإنه كان من المحتم أن تحل علاجات أخرى محل ممارسة التحليل النفسي المتروية. لم يكن التحليل النفسي الذي انتُقد باعتباره "طريقة غير محددة، تطبق على مشكلات غير محددة، فتحقق نتائج غير متوقعة"، يستهدف أبداً الأفراد الذين تثقل كاهلهم أعراضهم النفسية.

ما مستقبل العلاج بالكلام، وما الموضوع الذي ستدور حوله المحادثة؟ في معظم الأوقات يركز العلاج النفسي على المشكلات، ويتسم بالإيجاز، ويرتبط بالحاضر، ويعتمد على طرق مبنية على أدلة تم اختبار فعاليتها في علاج مشكلات بعينها، ويسترشد بالكتب. أما المعالج فسيكون اختصاصياً نفسياً (مصرحاً له بوصف الدواء) أو اختصاصياً اجتماعياً، أو طبيباً نفسياً، وهو النادر. سيكون دفء المعالج وتعاطفه شيئين مهمين، ولكن العلاج سيعتمد بدرجة أقل على العلاقة وبدرجة كبيرة على تبادل المعلومات. سيتسم العلاج بالمرونة، ولا يشترط أن يكون دائماً وجهاً لوجه، وسيتم تنفيذ المزيد من المعالجات عن بعد، وذلك عبر الإنترنت (لغرض التعليم، والتشخيص الذاتي، ومراقبة العلاج)، وعبر المساعدات الشخصية الرقمية التي يمكنها عرض تعليمات مثل ما يجب فعله في أثناء حدوث نوبة من الهلع، ومن خلال أجهزة يمكن ارتداؤها. لم يعد العلاج النفسي كله كلاما دون فعل. فاستعدادا للسفر لفترة طويلة في الفضاء، تمول ناسا (NASA) استحداث ملبوسات، تبعث إشارات تنم عن شعور لابسها بالاكتئاب أو القلق أو الإجهاد. وبحسب الملاحظة التي أبداها رائد الفضاء فاليري ريومين (Valery Ryumin) "تتحقق كل الظروف الضرورية للقتل إذا ما حبست رجلين في كابينة، وتركتهما معاً لشهرين". يمكن أن تتنبأ أدوات الاستجابة المبكرة بالتوقيت الذي ينبغي على رائد الفضاء أن يتوقف فيه عن العمل، ويتلقى خيارات المعالجة ("استمع إلى شرائط العلاج السلوكي- الإدراكي"، أو "تناول مضادات الاكتئاب"، أو "احصل على قسط من الراحة وأجر الفحص بعد ثلاث ساعات"). أما المرضى المتجهين إلى الأرض ممن يريدون إنهاء المعالجة مع مراقبة أنفسهم لاكتشاف بوادر أي انتكاسة فيمكنهم - أيضاً - استخدام مثل هذه الأجهزة.

سيكون بمقدور حواسيب المستقبل أن تتعرف على مشاعرنا، وستقوم أجهزة ملبوسة متصلة بالثياب أو الحُلِيّ أو النظارات بقياس حالتنا باستخدام مَعْلَمات (parameter)، ربما لا نستطيع التفكير في استخدامها أبداً (وذلك مثل عدد مرات طرفات العين أو تغضنات الحاجب مقارنة بخط الأساس)، في حين يمكن للأجهزة المزروعة بداخلنا أن تقيس العمليات الداخلية. اقترحت روز بيكارد (Rose Picard) من مختبر الإعلام بمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا (MIT) في حوار لها سنة 1998 في مجلة "ذا أتلانتيك منثلي" (The Atlantic Monthly) أن الملبوسات التي تحس بمشاعرنا سوف "تلتقط رائحتك الحقيقية والمجازية... وسوف يتوقف على الأرجح تبادلها، مثلها مثل الملابس الداخلية، وستصبح كمبيوترات شخصية فعلاً". حسناً، ربما ستكون أشبه بمعالجين يمكن ارتداؤهم وأقل شبها بالبنطلونات.

لماذا يتضايق الناس من المعالجة (therapy) على الرغم من قدرتهم على التخلص من العقاقير في المستقبل؟ إذا كان الدواء يمكنه أن يخفف عرضا مزمنا مُعيقا، فإن معظم الناس سيقررون تناوله. وتؤكد معظم الدراسات أنه رغم نجاح الأدوية في شفاء بعض الناس، فإن المعالجة تنجح مع آخرين، أما استخدام توليفة من الاثنين فغالبا ما يكون الأسلوب الأفضل على الإطلاق. إن العقاقير تخفف الأعراض، ولكن المعالجة تساعد الناس على حل مشكلاتهم وتعلُّم الحلول، ناهيك عن أن الناس سيواصلون على الأرجح تعاطي أدويتهم إذا كانوا يخضعون للمعالجة. بالنسبة لكثيرين، ستكون المعالجة وحدها أفضل الخيارات، إذ تؤثر على المخ بطرق مشابهه لتأثير العلاج بالعقاقير وبسرعته نفسها تقريباً لكن دون إحداث أي آثار جانبية، أو أخطار محتملة. وفي حين أن العقاقير لا تؤتي مفعولها إلا إذا تناولها، فإن المعالجة تبشر بالتأثيرات الأبقى التي يتيحها التعلُّم.

في يوم ما ستكون المعالجات المستقبلية أشبه بالمعالجات التقليدية. أما المعالجات الوجيزة التي تشتمل على تفاعل وجهاً لوجه فلن تفلح مع بعض الناس، وربما يكون هؤلاء من بين من لا يستفيدون منها الآن، ولكنهم يحتاجون إلى علاج طويل الأجل أو علاج مفتوح. بالنسبة لهم، يتمثل الشفاء في الارتباط بمعالج يتعاطف معهم، ويصغي لهم جيداً ويحادثهم بتفهّم، ويوفر لهم ملاذاً آمناً، ويريحهم من العزلة، ويمنحهم شعوراً بوحدة الهدف، أي معالج يمكنه مساعدتهم على تشكيل حياتهم. في عالم المستقبل .. عالم اللقاءات العابرة وكثرة الترحّل، عالم صور المخ ومنبهات المخ، ستكون هناك أحاديث مستمرة تغير الطريقة التي نرى بها العالم.

نانسي إيتكوف (Nancy Etcoff): أستاذة بكلية الطب بجامعة هارفارد، وطبيبة نفسية بمستشفى ماساتشوستس العام، وعضو مبادرة العقل والمخ والسلوك بجامعة هارفارد. نشرت أبحاثها في مجال إدراك الجمال والانفعال والوجوه البشرية في مجلات "نيتشر" (Nature) و"كوجنيشن" (Cognition) و"نيورون" (Neuron) وغيرها من المجلات العلمية، كما نشرت لها مقتطفات كثيرة في الصحف العامة. فازت بالعديد من الجوائز، ولها كتاب "البقاء للأجمل: علم الجمال" (Survival of the Prettiest: The Science of beauty).

بول دبليو. إيوالد

السيطرة على المرض

ما سبب المرض؟ هذا السؤال أساسي، والتقنية الحديثة متطورة، ووعود الخبراء واثقة لدرجة أن شخصا من الخارج ربما يفترض أن أسباب المرض مفهومة جيداً. ولكنها ليست كذلك. فمازال الطب يجاهد لفهم أسباب العديد من الاضطرابات المزمنة المدمرة، مثل الأزمة القلبية والسكتة ومرض الزهايمر والفصام والسرطان ومرض السكري. وستتوقف نوعية حياتنا في الخمسين سنة المقبلة على مدى إحكام السيطرة على هذه الأمراض المزمنة.

كما هو الحال مع جميع الظواهر البيولوجية، يمكن النظر إلى السببية (causation) من جانبها الميكانيكي (فنسأل: ما العوامل المسببة للمرض؟) ومن جانبها النشوئي (فنسأل: ما الضغوط الانتقائية التي تؤدي إلى المرض؟). من الجانب الميكانيكي، ليس ثمة إجماع على السببية إلا في حوالي نصف الأمراض المدرجة في كتب الطب الحالية. ويمكن تصنيف الأسباب الميكانيكية ضمن ثلاث فئات: الجينية، والطفيلية (متضمنةً العدوى)، والتأثيرات البيئية غير الطفيلية مثل الإشعاع وبعض المواد الكيماوية قلّت أم كثرت.

يؤيد معظم خبراء علوم الصحة التعامل مع مسألة السببية بطريقة لبنات البناء (building-block approach). فهم يحاولون فهم آليات عمل المرض وذلك على المستويين الخلوي والكيميائي الحيوي، على أمل استنباط حلول في نهاية المطاف. وهذه فكرة مقبولة، ولكنها لم تُحرز أي نجاح كبير في الطب (يتمثل النجاح الكبير في حلول حاسمة لا حلولا ترقيعية). وما زال ما كتبه لويس توماس (Lewis Thomas) منذ ثلاثين سنة في مقالته "تكنولوجيا الطب" (The Technology of Medicine) صحيحاً حتى يومنا هذا، إذ يندرج السواد الأعظم من الممارسات الطبية تحت الحلول الترقيعية أو الرعاية قليلة الأثر، بدءاً من زرع الأعضاء

وجراحة الشريان التاجي وانتهاء بمعظم علاجات السرطان. ويجيب الخبراء بأن أمراض اليوم أكثر استعصاء من أمراض الأمس وربما تكون الحلول الترقيعية أفضل ما يمكن أن نتوقعه. ولكن السجلات تشير إلى عكس ذلك، إذ يتواصل اكتشاف حلول حاسمة لأمراض كانت تعدّ مستعصية حتى وقت قريب. وقد نبعت هذه الحلول بصورة عامة من فهم الأسباب المعدية. فعلى سبيل المثال، تم على مدى العقدين الماضيين منع آلاف لا تحصى من الإصابات بسرطان الكبد والتهاب الكبد، وذلك عن طريق الفحص الدقيق للدم ومشتقاته للتأكد من خلوه من فيروسي التهاب الكبد (ب) و(ج) وباستخدام لقاح التهاب الكبد (ب)، كما يمكن الآن شفاء القرحات المعدية وسرطان المعدة باستخدام المضادات الحيوية.

ومع ذلك فإن الإنجازات الأساسية - حتى في الأمراض المعدية - تحققت من خلال تجربة القفزات الاستنتاجية أكثر منها من خلال الاستقراء بطريقة لبنات البناء. فلم يكن إدوارد جينر (Edward Jenner) يفهم الفيروسات عندما اكتشف لقاحا حديثا منذ أكثر من مائتي سنة. ولم يكن جون سنو (John Snow) وإجناز سيميلويس (Ignaz Semmelweis) قد سبق لهما رؤية البكتريا عندما اكتشفا علم الأوبئة بعد ذلك بنصف قرن من خلال إيضاح كيفية انتقال الأمراض المعدية وكيفية الوقاية منها عن طريق منع ذلك الانتقال. كما لم يتوفر ذلك الفهم لجوزيف ليستر (Joseph Lister) عندما أثبت فاعلية تعقيم الأدوات الجراحية. ولم يكن بول إيرليتش (Paul Ehrilich) وألكساندر فليمنج (Alexander Fleming) على دراية بأي شيء عن آليات التثبيط الكيميائي للنمو البكتيري عندما أرسيا مفهوم العلاج وممارسته بالمضادات الحيوية. يؤكد هذا التاريخ على قيمة النظر إلى ما وراء طريقة لبنات البناء، التي توجه الأبحاث الطبية الحديثة، لنأخذ بعين الاعتبار الرؤى المفاهيمية التي يمكن أن تولّد مجموعات من الحلول الحاسمة. وتتمثل إحدى هذه الطرق في تقييم أسباب المرض من منظور نشوئي.

تستند التفسيرات النشوئية في جوهرها إلى الأسباب الجينية. فيمكن للمرء إذن افتراض أن الطب النشوئي سيفسر الأمراض البشرية — إلى حد كبير - في سياق علم الوراثة البشرية. والواقع أن الطب النشوئي يقدم فعلا هذه التفسيرات، فقد تم تفسير الأمراض المزمنة على سبيل المثال من خلال نظرية الشيخوخة، ومفادها أن الجسد يتفسخ لأن الانتخاب الطبيعي يحابي السمات التي تفيد الأفراد في سن صغيرة، ولكنه يفرض ثمنا عندما يبلغون الكبر ويكون الانتخاب الطبيعي أقل فاعلية. أو يمكن أن تنشأ الأمراض المزمنة من عدم التوافق بين البيئات الحديثة والبيئات التي كانت مسؤولة في المقام الأول عن تشكيل الجينات البشرية. أما البديل الثالث المهم

فهو تسبب العدوى في المرض. فربما تكون الأمراض المزمنة عبارة عن سلسلة عوامل معدية، تسبب خُفيةً تلفاً في الأنسجة، يظهر في النهاية في صورة أمراض خطيرة مثل الأزمة القلبية أو السرطان أو الزهايمر. ولا ينفي هذا البديل الأخير قيمة تقديم تفسيرات نشوئية في سياق الجينات، ولكنه يؤكد على ضرورة ألا نقصر الفرضيات الخاصة بسببية الأمراض المزمنة على الجينات البشرية، بل يجب أن نأخذ بعين الاعتبار جينات الطفيليات.

أكدت أنا وزميلي جريجوري كوشران (Gregory Cochran) فيما يتعلق بالأمراض المزمنة المؤذية الشائعة، أن الأدلة المأخوذة في الحسبان في ضوء المبادئ النشوئية تشير بإصبع الاتهام إلى العدوى. فإذا كانت هذه الأمراض ناشئة عن أليلات (allele) معيبة، فإن معدلات الطفور (mutation rate) ستكون بصفة عامة أدنى من أن تحافظ على الأمراض عند تكرارها المشاهَد. إن أنماط البقاء البشري وحدوث الأمراض لا تتواءم مع نموذج الشيخوخة، ورغم أن العوامل البيئية الجديدة تبدو معقولة من حيث المبدأ، ومهمة في بعض الحالات، مثل سرطان الرئة الناجم عن التدخين، فإن الأسباب البيئية غير المعدية المقترحة لا تكفي بمفردها لتفسير أنماط المرض. إن إضافة عنصر العدوى ضمن هذا المزيج من المسبِّبات يمكنه أن يفسِّر الأنماط الوبائية الموثقة أفضل تفسير، وذلك وفقاً لمبادئ النشوء؛ لأن تضارب المصالح الجينية بين المُمْرِض (pathogen) والعائل يمكنه أن يديم حالات المرض إلى أجل غير محدود بمرور الزمن. أما على المدى القصير، فإن الحساسية الجينية تجاه مُمْرِض معين لن يحابيها الانتخاب الطبيعي مثلها مثل جين سيئ. ولكن على عكس الجينات السيئة، تتغير الحساسيات (vulnerability) الجينية تجاه الأمراض المعدية تغيرا مستمرا على المدى البعيد كمباراة شطرنج نشوئية مشتركة (coevolutionary). إن الانتخاب المضاد للحساسية الجينية تجاه مُمْرِض يُخلّف – كموروث – مجتمع عوائل يمتلك إجراءات مضادة ضد المُمْرِضات. وتحابي هذه الإجراءات المضادة بدورها نشوء مضادات للإجراءات المضادة في مجتمع المُمْرِضات، وهكذا دواليك إلى ما لا نهاية.

معظم المشكلات في علم الأحياء النشوئي يُحلّ ببطء؛ لأنها مشكلات معقدة، وإجراء الاختبارات صعب، والتمويل قليل. وفي المقابل، من المحتمل أن يتم حل أسباب الأمراض المزمنة بسرعة نسبياً، ليس لأن الباحثين في المجالات المحددة تقليديا في العلوم الصحية سينظرون بشغف إلى موضوعهم في ضوء النشوء، بل لأنهم يناقشون حالياً، ويجرون بهمّةٍ أبحاثا على سببية العدوى في الأمراض المزمنة. فإذا أخذنا في اعتبارنا تداعيات نظرية النشوء، ومسيرة الأبحاث الطبية، والأدلة المتراكمة، أتوقع أن يتم خلال الخمسين سنة المقبلة الإقرار بسببية العدوى في

الأمراض المزمنة الشائعة والأكثر ضررا، وذلك من قبيل التصلب العصيدي (atherosclerosis) والسكري والزهايمر ومعظم السرطانات ومعظم مشكلات الخصوبة.

ولكن هذه النبوءة ضعيفة نوعا ما، وبمجيء الوقت الذي يمكن فيه تقييمها ربما لا أكون على قيد الحياة لأتلقى النقد على خطأي. فإذا كانت الطريقة النشوئية لتناول مسببات الأمراض تملك قيمة حقيقية، ينبغي أن نتمكن من الإقدام على التحدي الأخطر، وهو تحديد الأمراض التي سيتم الإقرار بتسببها عن طريق العدوى خلال العقود القليلة المقبلة. يتضمن الجدول رقم (1) بعض أهم الأمراض المزمنة، بالإضافة إلى السنوات التي أتوقع أن يتم فيها الإقرار بالعدوى كسبب لها. وكي أجعل هذه التوقعات قابلة للاختبار، أقترح المعيار التالي من أجل "الإقرار"، وهو ضرورة أن تشير ثلاثة أرباع المنشورات الطبية على الأقل في السنوات الخمس السابقة إلى المرض باعتباره ناتجا عن العدوى.

إن افتراض اعتماد الإقرار بسببية العدوى في المقام الأول على نوعية الدليل بمثابة إعطاء ثقل أكثر مما ينبغي للتقييم الموضوعي. فالأدلة المتراكمة باستمرار تساعدنا في هذا الشأن مادام يتم اختبار القدر الملائم من الفرضيات. ولكن من المحتمل ألا نحصل أبدا على ذلك النوع الذي يطلبه الممانعون من الأدلة على سببية العدوى؛ لأنه قد يتعذر الحصول على دليل مطلق على سببية العدوى في معظم ما يتبقى من الأمراض المزمنة الناتجة عن العدوى. على مدى ربع القرن الماضي على سبيل المثال، أقر المجتمع الطبي بأن فيروس الهربس البشري 8 سبب ساركوما كابوسي وأن فيروس (HTLV-1) هو سبب الإصابة بلوكيميا الخلايا التائية عند البالغين. ولكن لن يتم قبول النوعية نفسها من الأدلة الارتباطية بالنسبة لمرض التصلب العصيدي، ويرجع ذلك بصفة رئيسة إلى أن عقود البحث العديدة وآراء الخبراء في ذلك المرض أدت إلى مجموعة كبيرة متنوعة من المصالح المكتسبة التي تخلق نوعا من العراقيل أمام مسألة الإقرار، والتخلص من هذه العراقيل يحتاج إلى وقت. وهنا تصدق رؤى تشارلز داورين (Charles Darwin) وماكس بلانك (Max Planck) وتوماس كوهن (Thomas Kuhn)، إذ أن نسبة كافية من الحرس القديم يجب أن تعتزل العمل أو تنتهي صلاحيتها، وعدداً كافياً من الشباب الذي يدخل إلى الساحة دون هذه المصالح المكتسبة يجب أن ينضج، ليتولى مراكز النفوذ لقلب ميزان رأي الخبراء. وأنا أخمّن أننا سنكون قد بلغنا هذه النقطة بحلول سنة 2015 بالنسبة للتصلب العصيدي والزهايمر. ومن المثير للسخرية هنا أن الكائنات الحية المسببة للمرض تسهم في هذه العملية من خلال الإطاحة بالكائنات الحية التي تُقصيها.

جدول رقم (1): السنوات المتوقعة للإقرار بسببية العدوى في العديد من الأمراض المزمنة.

المرض	المُمْرِضات المرشحة	السنة التي سيتم بحلولها الإقرار بسببية العدوى
التصلب المتعدد	الالتهاب الرئوي المتدثر، الهربس البشري 6	2010
مرض السكر من النوع 2	فيروس الالتهاب الكبدي (ج) (سبب ثانوي)	2010
مرض السكر من النوع 2	غير معروف (سبب رئيس)	2025
أمراض سرطان الرأس والرقبة	فيروس الورم الحليمي البشري	2010
سرطان الأنف والبلعوم	فيروس إبستاين بار	2010
لوكيميا الأطفال	غير معروف	2015
سرطان الثدي	فيروس سرطان الثدي في الفئران (MMTV)، فيروس إبستاين بار	2015
التصلب العصيدي	بكتريا (c. pneumoniae)، بكتريا (porphyromonas gingivalis)، الفيروس المضخم للخلايا، الجراثيم المُشَعْشَعَة	2015
الزهايمر	الهربس البسيط 1، بكتريا (c. pneumoniae)	2015
انفصام الشخصية	طفيلي توكسوبلازما جوندي (T. gondii)، الهربس البسيط 2، الفيروس القهقري داخلي المنشأ، فيروس مرض بورنا	2020
الاكتئاب ثنائي القطب	فيروس مرض بورنا	2025
سرطان البروستاتا	فيروس قهقري غير معروف	2025

تَستخدم التنبؤات الواردة في هذا الجدول التحولات السابقة كدليل، ولكنها لا تفترض ببساطة أن الزمن ثابت بين أول ظهور للأدلة المقنعة والإقرار بها. ثمة اعتبار آخر يتمثل في

حجم الوثبة وما هو معترف به من قبل باعتباره ناتجا عن العدوى. أتوقع قبول سببية العدوى في بعض سرطانات الرأس والرقبة قبل سببية العدوى في التصلب العصيدي، رغم أن الدليل على الأول أقل اكتمالاً اليوم. أما السبب الرئيس فهو الأسبقية. فقد تم بالفعل قبول المُمْرِض المرشح وهو فيروس الورم الحليمي البشري كسبب لسرطان عنق الرحم. علاوة على ذلك، فإن الدراسة المتزنة للتفسيرات السببية لهذه السرطانات (مثل لوكيميا الخلايا التائية عند البالغين وساركوما كابوسي) لا تواجه العراقيل ذاتها المتمثلة في المصالح المكتسبة الكبرى. بالمثل، فإذا تم الإقرار ببكتريا (c. pneumoniae) بوصفها سبباً لأي من الأمراض المزمنة الرئيسة التي يشتبه في كونه سبباً لها مثل التصلب العصيدي والسكتة والزهايمر والتصلب المتعدد، ينبغي أن تسقط المقاومة للإقرار به كسبب للأمراض المتبقية سقوط قطع الدومينو. ولكن الصفة المشتركة في هذه الحالة ليست نوع الأنسجة، بل استعداد جيني مشترك وهو أليل إبسيلون–4، الذي تم ربطه بزيادة الحساسية تجاه بكتريا (c. pneumoniae).

إن المعارضة العامة لسببية العدوى في السرطان تبدو متأصلة بشكل غير عادي، وعند النظر إليها على أساس الدليل الفعلي، نجدها مثيرة للدهشة لأن الباحثين الطبيين يقرون فعلا بوجود أسباب معدية وراء حوالي 15 إلى 20٪ من السرطانات التي تصيب الإنسان (كانت هذه النسبة أقل من 1٪ قبل 25 سنة)، وهناك أمثلة قليلة جدا على السرطانات البشرية التي يمكن استبعاد العدوى كسبب في الإصابة بها (أقل من 5٪). إن الحرب على سببية العدوى في السرطان البشري مستمرة منذ حوالي 1910 عندما أثبت بيتون راوس (Peyton Rous) أن الفيروسات يمكنها التسبب في إصابة الدجاج بالسرطان. وقد أعلن أشد المعارضين لسببية العدوى في السرطان انتصارهم في أواخر السبعينيات عندما تم التأكد من دور جينات الأورام ومسببات السرطان غير المُعدِية، وتم التوصل إلى آلية ملائمة بهذه الطريقة. واستمروا في إعلان انتصارهم، بينما هم يتقهقرون على نحو متزايد سنة بعد أخرى، إذ يكمن خطؤهم المنطقي في تقديمهم دليلاً خاطئاً يؤيد إحدى الآليات المساهمة كدليل ضد إسهامات آلية أخرى (متوافقة تبادليا). فالفئات الثلاث التي تضمها أسباب المرض تعمل بشكل متناغم في أغلب الأحوال.

وكما هو الحال بالنسبة للتصلب العصيدي والسرطان، فإن الإقرار بالعدوى كسبب للأمراض الذهنية الحادة (مثل الفصام والاضطراب ثنائي القطب) محكوم عليه أن يتأخر بسبب مصالح الخبراء المكتسبة. يُضاف إلى هذه العراقيل خصوصية الأمراض العقلية بالنسبة للبشر، وهو ما يجعل الإثبات التجريبي للعدوى كسبب أمرا صعبا. فكيف يمكن للمرء أن يعرف

عندما يكون الفأر مصابا بالهذيان أو بالارتياب أو بالاكتئاب أو الهوس؟ ردا على هذه الحجة، يمكن أن تشير إلى الإدراك المبكر للخَبَل الزهري (syphilitic insanity). ولكن سببية العدوى في الخبل الزهري أُقِرّ بها بسهولة؛ لأن الباحثين كانوا قد ربطوا بالفعل بين الخبل الزهري ومرض الزهري. وبمجرد الإقرار بالعدوى كسبب للزهري، كان الخبراء جاهزين للإقرار بفكرة أن العدوى سبب الإصابة بالخبل الزهري. تم عندئذ فصل الخبل الزهري في حقلِ سببية منفصلٍ ضمن عالم الأمراض العقلية. ولم يتم ربط أمراض اليوم العقلية غير معروفة الأسباب بأمراض حادة معروفة تماما، وهي في هذا السياق أقرب إلى لوكيميا الخلايا التائية عند البالغين وساركوما كابوسي منها إلى الخبل الزهري. فلمَ أنا إذن متفائل تجاه قُرب الإقرار بسببية العدوى في الفصام (schizophrenia)؟ إن الأنماط الوبائية تشير بقوة إلى سببية العدوى. فعلى سبيل المثال، يُولَد الفصاميون عادة في أواخر الشتاء أو مطلع الربيع، وهو مؤشر على أن الفصام ربما يكون ناشئا عن عدوى، قبل الولادة أو خلال الأشهر الأولى من الولادة، تتفاقم خلال الشتاء أو مطلع الربيع. كما أن اكتشاف ارتباطات مهمة بالمُمْرِضات المرشحة يشير - أيضاً - بإصبع الاتهام إلى سببية العدوى. هناك دراسة حديثة مثلا أثبتت وجود تفاعل إيجابي لطفيلي المخ توكسوبلازما جوندي في 42٪ من مرضى الفصام، ولكنه لا يوجد سوى لدى 11٪ فقط من أفراد المجموعة الضابطة الأصحاء. يتعامل الخبراء الآن بجدية مع سببية العدوى في الفصام، وهم الخبراء الذين كانوا يرفضون الفكرة منذ عقد من الزمن، وتقوم مختبرات عديدة بدراسة مكثفة لهذا الاحتمال. كل هذا يوحي لي بأن الإقرار بسببية العدوى في الفصام سينبع إلى حد كبير من عامل الانسحاب والانقضاء (retire and expire factor) الذي يجب أن يقلب ميزان الرأي في غضون السنوات العشر إلى الخمسين المقبلة.

على مدى العقود الخمسة المقبلة، يجب أن يتبع تطويرٌ لقاحات مضادة للأمراض المزمنة الناجمة عن عدوى اكتشافَنا للعوامل السببية وعن كثب. وعندما لا يكون المُمْرِض قابلا للتطفر (mutable) بشكل خاص، يمكن أن تكون هذه اللقاحات فعالة بشكل خاص.

يمكننا إذن أن نتوقع القدرة على السيطرة على فيروسات الدي إن أيه (DNA)، مثل الفيروس الحليمي البشري، باستخدام اللقاحات بصورة أكبر من فيروسات الآر إن أيه (RNA)، مثل فيروس نقص المناعة. ولا تتطلب السيطرة المستقبلية على المرض تقدم تكنولوجي جديد كليًّا. إننا نعرف من قبل أن اللقاحات المناسبة تقي من المرض وأن الوسائل المناسبة المضادة للعدوى يمكن أن تشفي المرض، وتمنع العدوى من التطور إلى مراحل مؤذية. نحن نعرف بالفعل أن قطع

سلسلة الانتقال يمكنه منع العدوى لدى أحد الأفراد، وأحياناً لدى مجتمع كامل. والسجل الطبي الخاص بتطوير مثل هذه الحلول لعوامل العدوى المكتشفة حديثا جيدٌ جداً.

بالنسبة للأمراض المعدية، ترتبط السببية النشوئية بنشوء الفَوْعة (virulence)، فما الذي يجعل بعض الطفيليات تتطور فتصير حميدة أو قاتلة أو أحياناً بَيْن بَيْن؟ تبشر الأجوبة على هذا السؤال بظهور طريقة رئيسة ثالثة للسيطرة على الأمراض المعدية، بمعنى أنه بالإضافة إلى شفاء العدوى والسيطرة على انتشار العدوى، يجب أن نستطيع السيطرة على نشوء المُمْرِضات، وبالتالي نحوّل أعداءنا الذين يهددون حياتنا إلى متعايشين مسالمين. وبالنسبة لكل واحد من صنوف الأمراض الرئيسة، تشير النظرية والأدلة المتوافرة إلى وجود نوع واحد على الأقل من التدخل الذي يمكنه تحقيق هذا الهدف. خلال الربع قرن المقبل، أتوقع إثبات أول قصص النجاح النشوئي، ربما من خلال المهارة في استخدام اللقاحات أو منع نقل المُمْرِضات الإسهالية المحمولة مائيا في الدول الفقيرة. الشيء الآخر غير المؤكد هو السيطرة على مقاومة المضادات الحيوية. فكلما كانت المُمْرِضات حميدة، ضاق نطاق استخدام المضادات الحيوية وبالتالي كان نشوء مقاومة المضادات الحيوية أقل. فلو استطعنا السيطرة على الفوعة، سنتمكن من السيطرة على نشوء مقاومة المضادات الحيوية.

لو اتخذنا تاريخ الطب علامة، فإن أول قصة نجاح سوف تشجع على اتباع الطريقة ذاتها مع الأمراض الأخرى، وذلك كما كان الحال مع اللقاحات والمضادات الحيوية والتحسينات الصحية. ولكن نظرا لصعوبة التنبؤ بأوان أول نجاح، يصعب التنبؤ بأوان هذا التفاعل المتسلسل. وبحلول منتصف القرن، من المحتمل أن نكون قد أحدثنا الانتقال النشوئي من الفوعة إلى الحالة الحميدة مع بضعة أمراض مثل الأمراض الإسهالية المؤذية، ولكن سنكون مازلنا في غمرة عملية الاختبار بالنسبة لمعظم الأمراض المتبقية.

الشيء الذي لن يحدث في الخمسين سنة المقبلة؟ من المؤكد أننا سنواجه صعوبات مع بعض العوامل التي تحبط جهودنا لتحقيق السيطرة الحاسمة. على سبيل المثال، ما لم يتم التوصل إلى إجراء جديد للسيطرة على فيروس نقص المناعة البشرية (HIV)، فسيظل يمثل مشكلةً تخففُ الحلولُ الترقيعيةُ (مضادات الفيروسات واللقاحات التي تكبح الفيروس ولكن لا تسيطر عليه نهائيا) من وطأتها، وإن كانت لا تحسمها نهائيا. أما المسؤول عن هذه النظرة المستقبلية الكئيبة فهو المرونة الجينية لفيروس نقص المناعة، إذ أنه يطوّر بسهولة مقاومة لمضادات الفيروسات ويمكننا أن نتوقع إفلاته من القيود التي يفرضها عليه التلقيح. إن الاستخدام الذكيّ لتوليفات من

مضادات الفيروسات قيد يعطي ميزة للطب - كما كان الحال على مدى السنوات العديدة الماضية - ولكنه لن يوفر علاجاً شافياً. أفضل ما نأمله هو كسب الوقت .. عقد أو نحو ذلك من الحياة الخالية من الأيدز بفعل مضادات الفيروس، وربما عقد أو نحو ذلك بفعل اللقاحات العلاجية التي يتم تناولها بعد العدوى مباشرة، وربما عقد أو نحو ذلك من خلال السيطرة على نشوء الفوعة. هذه العقود مقبولة، ولكنها لا توفر ذلك النوع من السيطرة الحاسمة التي فرضها الطب على أمراض مثل الدفتريا والجدري والسعال الديكي والحصبة وشلل الأطفال، ولا سيما إذا أخذنا بعين الاعتبار الآثار الجانبية ذات الصلة باستخدام المركبات المضادة للفيروسات لفترة طويلة.

وعلى الرغم من القلق الحالي حيال الأمراض الناشئة الجديدة المرعبة التي تكتسح الكرة الأرضية، يمكننا أن نتيقن بدرجة معقولة من تقلص عدد الأوبئة المميتة (مثل الأيدز) إلى صفر أو واحد – والأرجح صفر – خلال نصف القرن المقبل. فعلى مدى ما يزيد على قرن من الزمان حدث اختلاط عالمي بين البشر، وذلك بشكل أسرع من ذي قبل ومن مناطق أبعد من ذي قبل. ولابد أن هذا الاختلاط عرّضنا لمُمْرِضات من كل أنحاء العالم تقريبا. ولكن برغم هذا الاختلاط، فلم نرَ – على حدّ علمي – إلا مُمْرِضا جديدا واحدا وهو فيروس (HIV-1) الذي انتشر من منطقة محدودة جغرافياً ليسبب وباء عالمياً مهلكاً. وباستخدام وباء الأيدز كمثال، وجه العلماء والعامة على السواء تحذيرات من أن ممْرضات أخرى قد تشكل تهديدات مماثلة. ومن بين المُمْرِضات المرشحة المألوفة الفيروسات النزفية مثل إيبولا وماربورج، وفيروس النيل الغربي الذي ينقله البعوض، وفيروس هانتا (hantavirus) الذي تسبب مؤخرا في مرض "فور كورنرز" في جنوب غرب الولايات المتحدة، والبريون (prion) الذي يسبب جنون البقر ونظيره البشري مرض كروتزفيلد جاكوب (Creutzfeldt-Jakob disease). لكن هذا القلق في غير محله. فهذه المُمْرِضات - رغم ما تسببه من آلام رهيبة لمن تصيبهم بالمرض - لا تهدد بكارثة عالمية؛ لأنها ببساطة ليست لديها الخصائص المناسبة. ففيروس النيل الغربي لا ينتقل من البشر إلى البعوض، كما أن فيروس إيبولا لا يحتمل البقاء في البيئة الخارجية لدعم دورات عدوى بشرية قاتلة. أما البريونات فلا تنتقل بين البشر إلا من خلال أنشطة غير عادية، ويمكن التحكم فيها مثل أكل لحوم البشر وعمليات زرع القرنية.

ينبع الخطر الحقيقي من المُمْرِضات التي تعيش بيننا بالفعل وتقتلنا أو يمكن أن تطوّر قدرة أكبر على قتلنا. فإذا كانت الأدلة الحالية التي تشير بإصبع الاتهام إلى سببية العدوى سليمة تماما، فنحن نموت فعلا بسبب أوبئة عالمية رهيبة هي الأزمة القلبية والسكتة والزهايمر والسرطان، وهي

أوبئة تنشأ عن عوامل مَرَضية فتاكة وإن كان مغفول عنها. إننا قلقون من بضعة قطط ضالة في حين تحوم النمور، من حولنا. سندرك أخيرا خلال النصف قرن القادم وجود هذه النمور وسنتخذ إجراءات لصدّ بعضها على الأقل.

بول دبليو. إيوالد (Paul W. Ewald): أستاذ الأحياء بكلية أمهيرست واختصاصي في الطب النشوئي، وهو تخصص ساهم في تأسيسه، وألقى محاضرات كثيرة عنه في الجامعات ونظم حلقات دراسية وندوات حوله في مختلف أنحاء العالم. ألّف "نشوء الأمراض المُعدية" (Evolution of Infectious Disease) الذي يشار إليه باعتباره الحدث الفاصل في ظهور هذا التخصص، و"زمن الوباء: كيف تسبب العدوى الخفية السرطانات ومرض القلب وأمراضا أخرى قاتلة" (Plague Time: How Stealth Infections Are Causing Cancers, Heart Disease and Other Deadly Ailments).

نبذة عن المترجمة:

فاطمة غنيم.. حاصلة على ليسانس الآداب قسم اللغة الإنجليزية جامعة عين شمس. صحفية ومترجمة إعلامية. علمت كمترجمة إعلامية لدى مركز الخليج للدراسات الاستراتيجية. عملت كمترجمة وباحثة لغوية لدى شركة صخر لبرامج الحاسب. نُشر لها العديد من التقارير والموضوعات العلمية والتكنولوجية في العديد من الصحف والمجلات. مترجمة بمشروع «كلمة» لها العديد من الكتب تحت الطبع أو قيد الترجمة.

الخمسون سنة المقبلة

تُقدّم كوكبة متألقة من علماء العالم من أصحاب الرؤية العميقة خمسًا وعشرين مقالة لم يسبق نشرها، تدور حول ما سيشهده مجال العلوم والتكنولوجيا من تقدم ملموس يمكن أن نلحظه في حياتنا.

فالفيزيائيّ النظريّ والمؤلف صاحب الكتب الأكثر مبيعًا؛ بول ديفيس يشرح احتمالات تمكننا بحلول عام 2050 من إقامة حياة بشرية على كوكب المريخ. أما الفسيولوجيّ ميهالي شيكزنتميهالي فيبحث تداعيات الهندسة الخاصة بارتفاع معدل الذكاء والأطفال السعداء وراثيًا. وأما الطبيبة النفسية نانسي إتكوف فتتناول بالتفسير الأبحاث الجارية على صنع إكسسوارات تحس بانفعالاتنا، وتستطيع قياس أحوالنا المزاجية، ومن ثم تخبرنا بموعد تناول الحبة المضادة للاكتئاب. وأما عالم الأحياء النشوئية ريتشارد داوكينز فيدرس احتمال تمكننا سريعًا من الحصول على نسخة مطبوعة من الجينوم تتنبأ بنهايتنا الطبيعية، وذلك بتكلفة تساوي تكلفة إجراء أشعة سينية على الصدر. (فهل سترغب في قراءة هذا الكتاب؟ وهل سيكون بوسع شركات التأمين والحكومات الاطلاع عليه؟) ولا يكتفي هذا الكتاب الرائع غير المسبوق بتحري الإمكانات العملية للمستقبل القريب فحسب، بل يتحرى أيضا التداعيات الاجتماعية والسياسية التي قد تتمخض عنها تطورات العالم الجديد الغريب المقبل.

يتضمن الكتاب مقالات لم يسبق نشرها بقلم:

بيتر أتكينز • صمويل باروندس • بول بلوم • رودني بروكس • ميهالي شيكزنتميهالي • بول ديفيز • ريتشارد داوكينز • نانسي إتكوف • بول إيوالد • ديفيد جيليرنتر • برايان جودوين • أليسون جوبنيك • جوديث ريتش هاريس • مارك دي. هاوزر • جون إتش. هولاند • ستوارت كاوفمان • جارون لانير • جوزيف ليدوكس • جوفري ميلر • مارتن ريز • روبرت إم. سابولسكي • روجر سي. شانك • ستيفن ستروجاتز • لي سمولين • إيان ستيوارت.

المعارف العامة
الفلسفة وعلم النفس
الديانات
العلوم الاجتماعية
اللغات
العلوم الطبيعية والدقيقة / التطبيقية
الفنون والألعاب الرياضية
الأدب
التاريخ والجغرافيا وكتب السيرة

كلمة KALIMA
أبوظبي للثقافة والتراث ABU DHABI CULTURE & HERITAGE
ISBN 978-9948-01-417-1
9 789948 014171
cover by phxcom.com